

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv přídatku kávové sedliny do krmiva jedlého hmyzu na
jeho nutriční a senzorickou kvalitu**

Diplomová práce

**Bc. Filip Chalupa
Výživa a potraviny**

prof. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.

© 2026 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv přídatku kávové sedliny do krmiva jedlého hmyzu na jeho nutriční a senzorickou kvalitu" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob. Dále pak prohlašuji, že jsem při psaní své diplomové práce nevyužil AI, nebo jemu podobné nástroje.

V Praze dne 19. 4. 2026

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Lence Kouřimské PhD., své vedoucí práce za nekonečnou ochotu, včasné odepisování a nemalé množství trpělivosti. Neméně bych pak chtěl poděkovat svému konzultantovi, Ing. Pavlu Kouřimskému, který si vždy byl schopen na mne najít čas a pomoci mi s každým mým dotazem. Dále pak bych chtěl poděkovat své rodině za mentální oporu a za pomoc při studiu a mimo něj. Obrovský dík pak patří i mé přítelkyni za pomoc a oporu při psaní práce.

Vliv přídavku kávové sedliny do krmiva jedlého hmyzu na jeho nutriční a senzorickou kvalitu

Souhrn

Vzhledem k neustále rostoucí lidské populaci a s ohledem na udržitelnost je jedlý hmyz v dnešní době zvažován jakožto náhražka tradičních živočišných bílkovin. Mezi výhody jedlého hmyzu patří kupříkladu nízká emise skleníkových plynů, dobrá schopnost konverze krmiva na jeho celkovou tělesnou hmotu a průměrně vysoký obsah bílkovin. Mezi nejvýznamnější způsoby, kterými lze senzorické a nutriční vlastnosti hmyzu ovlivnit je především jeho krmivo. Snadno dostupným doplňkem krmiva jedlého hmyzu by mohla být kávová sedlina, které je přisuzováno, že je schopna navýšit jeho obsah bílkovin, vitamínů a polyfenolů, i jeho antioxidační kapacitu.

Cílem práce bylo sledovat, jak přídavek kávové sedliny ovlivní senzorické a nutriční vlastnosti jedlého hmyzu a zjistit, zdali je skutečně statisticky významný rozdíl mezi jedlým hmyzem, kterému byla do stravy kávová sedlina přidána a hmyzem, kterému bylo podáváno konvenční krmivo.

Testovány byly vzorky hmyzu z řádu *Coleoptera*, konkrétně *Tenebrio molitor*. Kontrolní skupina hmyzu byla krmena *ad libitum* upravenou kompletní krmnou směsí pro brojlery v kombinaci s pšeničnými otrubami v poměru 1:3, testovaná skupina byla krmena kávovou sedlinou v kombinaci s pšeničnými otrubami také v poměru 1:3. Za pomoci Folin-Ciocalteuovy metody a následného spektrofotometrického měření byla stanoveno celkové množství polyfenolových sloučenin, barva vzorků *T. molitor* byla charakterizována a porovnána spektrofotometricky za pomoci systému CIELAB, ke zhodnocení dalších senzorických vlastností (vůně, chuť, apod.) byla užita vyhodnocení byla použita senzorická analýza, konkrétně metoda deskriptivního profilování s využitím nestrukturované desetibodové škály. Senzorické analýzy se zúčastnilo celkem 25 proškolených hodnotitelů.

Z výsledků je patrné, že zakomponování kávové sedliny do krmiva jedlého hmyzu vedlo k navýšení celkových polyfenolových látek v tělech *T. molitor* (v průměru o 91,61 %), přídavek kávové sedliny měl i statisticky významný vliv na prakticky veškeré hodnoty CIELAB jak s užitím SCI, tak i s užitím SCE a na respondenty vnímanou chuť, vůni a barvu.

Práce přináší originální výsledky o vlivu přídavku kávové sedliny do stravy jedlého hmyzu jeho na senzorické a nutriční vlastnosti. Do budoucna by rozhodně bylo vhodné experiment zopakovat i s vícero druhy jedlého hmyzu a dále se této problematice podrobněji věnovat.

Klíčová slova: kávová sedlina, polyfenolové sloučeniny, jedlý hmyz, senzorická jakost

The effect of adding spent coffee grounds to edible insect feed on its nutritional and sensory quality

Summary

Given the ever-growing human population and in the interest of sustainability, edible insects are currently being considered as a substitute for traditional animal proteins. The benefits of edible insects include, for example, low greenhouse gas emissions, a high feed-to-body-weight conversion rate, and a relatively high protein content. One of the most significant ways to influence the sensory and nutritional properties of insects is through their feed. Spent coffee grounds could serve as an easily accessible feed supplement for edible insects, as they are believed to increase the insects' protein, vitamin, and polyphenol content, as well as their antioxidant capacity.

The aim of this study was to investigate how the addition of spent coffee grounds affects the sensory and nutritional properties of edible insects and to determine whether there is indeed a statistically significant difference between edible insects fed a diet supplemented with coffee grounds and those fed a conventional diet.

The study tested insect samples from the order *Coleoptera*, specifically *Tenebrio molitor*. The control group of insects was fed *ad libitum* a modified complete broiler feed mixture combined with wheat bran in a 1:3 ratio; the test group was fed coffee grounds combined with wheat bran, also in a 1:3 ratio. Using the Folin-Ciocalteu method followed by spectrophotometric measurement, the total amount of polyphenolic compounds was determined; the colour of the *T. molitor* samples was characterized and compared spectrophotometrically using the CIELAB system, to evaluate other sensory properties (odor, taste, etc.), sensory analysis was used, specifically the descriptive profiling method utilizing an unstructured 10-point scale. A total of 25 trained evaluators participated in the sensory analysis.

The results show that incorporating spent coffee grounds into the diet of edible insects led to an increase in polyphenol content in the bodies of *T. molitor* (by an average of 91.61%), the addition of coffee grounds also had a statistically significant effect on virtually all CIELAB values, both using SCI and SCE, as well as on the taste, aroma, and colour perceived by the respondents.

This study presents original findings on the effect of addition of spent coffee grounds into the feed of edible insects on its sensory and nutritional properties. In the future, it would certainly be advisable to repeat the experiment with multiple species of edible insects and to examine this issue in greater detail.

Keywords: spent coffee grounds, polyphenolic compounds, edible insects, sensory quality

Obsah

1 Obsah

2 Úvod	1
3 Vědecká hypotéza a cíle práce	2
4 Literární rešerše.....	3
4.1 Jedlý hmyz.....	3
4.1.1 Neofobie	3
4.1.2 Výživová hodnota jedlého hmyzu.....	5
4.1.3 Vliv výživy na nutriční jakost jedlého hmyzu	6
4.1.4 Vliv přípravy hmyzu na jeho senzorickou jakost	6
4.2 Fenolové sloučeniny.....	7
4.2.1 Kvercetin	7
4.2.2 Kemferol.....	8
4.2.3 Gallová kyselina.....	8
4.2.4 4-hydroxybenzoová kyselina	9
4.2.5 Syringová kyselina	9
4.2.6 Celkové množství fenolových sloučenin (TPC) v jedlém hmyzu	10
4.3 Rizika spojená s konzumací jedlého hmyzu	10
4.3.1 Alergické reakce	11
4.3.2 Mykotoxiny.....	11
4.3.3 Těžké kovy	11
4.3.4 Parazitě jedlého hmyzu	12
4.4 Církulární ekonomika jedlého hmyzu.....	12
4.4.1 Frass	13
4.4.2 Vedlejší produkty potravinářství a zemědělství.....	13
5 Metodika	15
5.1 Použité materiály.....	15
5.2 Metodika experimentu	15
5.2.1 Chov hmyzu.....	15
5.2.2 Příprava extraktů.....	15
5.2.3 Stanovení celkových fenolových sloučenin	15
5.2.4 Senzorická analýza.....	16
5.2.5 Analýza barvy	16
5.2.6 Statistické vyhodnocení.....	16
6 Výsledky	18
6.1 Výsledky senzorické analýzy.....	18

6.1.1	Hodnocení chuti, vůně a barvy jedlého hmyzu (<i>T. molitor</i>).....	18
6.1.2	Hodnocení barvy jedlého hmyzu (<i>T.molitor</i>).....	19
6.2	Celkový obsah polyfenolových látek ve vzorcích <i>T. molitor</i>.....	20
7	Diskuze.....	23
8	Závěr	25
9	Literatura.....	26
10	Seznam použitých zkratk a symbolů	32
11	Samostatné přílohy	I
11.1	Hodnocení chuti jedlého hmyzu (<i>T.molitor</i>)	I
11.2	Dotazník k senzorické analýze <i>T. molitor</i>	II

2 Úvod

Světový potravinářský průmysl prochází transformací, kterou pohání měnící se preference spotřebitelů, obavy o udržitelnost a rostoucí poptávka po alternativních zdrojích bílkovin. Vzhledem k tomu, že lidská populace neustále roste, jsou tradiční bílkoviny živočišného původu neustále pod drobnohledem kvůli jejich dopadu na životní prostředí a výrobě náročné na zdroje. V důsledku toho vědci a potravinářští technologové aktivně hledají alternativní zdroje bílkovin, které jsou udržitelné, výživné a široce přijatelné. Mezi těmito alternativami vzbudily značný zájem rostlinné bílkoviny a bílkoviny získané z hmyzu díky svým funkčním a nutričním výhodám (Kumar et al. 2023). Mezi výhody konzumace jedlého hmyzu patří kupříkladu vysoký obsah bílkovin, a to konkrétně od 35 do 60 % sušiny (Hasnan et al. 2023), dále pak jeho dobrá schopnost konverze stravy na celkovou tělesnou hmotnost a schopnost přeměnit vedlejší méně hodnotné organické produkty na vysoce hodnotné bílkovinné produkty (Barennes et al. 2015; Van Huis, 2016).

Právě schopnost hmyzu využít odpadní produkty potravinového průmyslu jej činí zajímavým jak z výživového, tak i z ekonomického hlediska. Právě s pomocí specifických diet jedlého hmyzu lze ovlivnit jeho nutriční vlastnosti (Van Huis et al. 2021), příkladem je navýšení množství karotenoidů (Heath et al. 2024), polyfenolových látek (Kotsou et al. 2023), úprava poměru omega-6/omega-3 mastných kyselin (Ooninx et al. 2020), dokonce i ovlivnění hladiny cholesterolu (Van Huis et al. 2021). Jedním ze způsobů obohacování krmiva jedlého hmyzu je právě užití kávové sedliny, vedlejšího produktu mnoha kaváren a pekáren. Káva patří k nejčastěji konzumovaným nápojům na celém světě a řadí se mezi nejobchodovanější komodity na globálním trhu. Amrouk et al. (2025) uvádí, že káva zajišťuje obživu přibližně 25 milionům zemědělců a vytváří další pracovní místa v rámci celého hodnotového řetězce kávy. Je odhadováno, že celkové množství odpadu (slupky, kávová sedlina) vzniklé během produkce kávy činí zhruba 6 až 8 milionů tun za rok (Bevilacqua et al. 2023), což znamená, že by rozhodně nebylo nevhodné zvážit kávovou sedlinu jakožto doplněk stravy jedlého hmyzu.

Literární část práce se zabývá představením jedlého hmyzu jakožto součásti lidského jídelníčku, nutričními a senzorickými vlastnostmi jedlého hmyzu, dále pak jsou představeny některé nutričně významné látky v tělech jedlého hmyzu, rizika spjatá s jeho konzumací a na závěr jeho role v cirkulární ekonomice. V praktické části jsou pak představeny výsledky senzorické analýzy jedlého hmyzu zkrmovaného směsí ovesných otrub a kávové sedliny (chuťové vlastnosti byly stanoveny skrze dotazníkové šetření předložené panelu proškolených hodnotitelů, barva hmyzu byla stanovena spektrofotometricky) a hodnota TPC (celkové množství polyfenolových látek) ve vzorcích daného hmyzu (*Tenebrio molitor*) stanovena s užitím Folin-Ciocalteuovy (F-C) metody.

3 Vědecká hypotéza a cíle práce

Cílem práce bylo sledovat, zdali přídavek kávové sedliny do krmiva jedlého hmyzu ovlivní jeho nutriční jakost a senzorické vlastnosti.

Hypotézou práce bylo, že přídavek kávové sedliny do krmiva jedlého hmyzu ovlivní jeho nutriční vlastnosti a senzorickou jakost.

4 Literární rešerše

4.1 Jedlý hmyz

Entomofagie, neboli konzumace hmyzu, je v dnešní době často diskutované téma. Hmyz byl pravděpodobně důležitým zdrojem potravy pro rané lidské populace a důkazy naznačují, že byl součástí lidské stravy již v prehistorických dobách, i když konzumaci hmyzu v dávných dobách není snadné prokázat kvůli špatné konzervaci vzorků. Zbytky hmyzích schránek, křídel a dalších částí těl však byly nalezeny ve zkamenělých výkalech (koprolitech) dávných lidí v jeskyních v USA a Mexiku (Manino & Thomas, 2023).

Faktem je, že s rostoucí populací stoupá zároveň i poptávka po potravinách. Celkové množství zemědělské půdy je však omezené, což vede k hledání alternativních zdrojů bílkovin. Právě jednou z těchto možností je jedlý hmyz. Mezi výhody chovu jedlého hmyzu lze zařadit nízké emise skleníkových plynů a jeho schopnost přeměnit vedlejší nízko hodnotné organické produkty na vysoce hodnotné bílkovinné produkty (Van Huis, 2016). Velmi působivá je též konverze krmiva na celkovou tělesnou hmotu hmyzu. Barennes et al. (2015) uvádí, že v průměru hmyz dokáže přeměnit 2 kg krmiva na 1 kg hmyzí hmoty, zatímco skot potřebuje 8 kg krmiva, aby přibral 1 kg tělesné hmotnosti. Odhaduje se, že zvýšení světové nabídky živočišných bílkovin o 10 % prostřednictvím masové produkce hmyzu je dostatečné k řešení problémů podvýživy a ke snížení tlaku na jiné zdroje bílkovin (Barennes et al. 2015).

Jongema (2017) uvádí, že je dnes na světě evidováno přibližně 2111 druhů hmyzu, které lze považovat za jedlé, v EU jsou však povoleny doposud jen čtyři druhy hmyzu ke konzumaci, a to konkrétně cvrček domácí (*Acheta domesticus*; nařízení Komise EU 2022/188), larvy potěmníka moučného (*Tenebrio molitor*; nařízení Komise EU 2021/882), larvy potěmníka stájového (*Alphitobius diaperinus*; nařízení Komise EU 2023/58) a saranče stěhovavá (*Locusta migratoria*; nařízení Komise EU 2021/1975).

Existuje však dobrý důvod, proč se hmyz konzumuje více v tropech nežli v mírných oblastech světa. Rozdíly v celkové konzumaci mohou vyplývat z odlišných velikostí druhů hmyzu mezi tropy a mírnými oblastmi a v jeho celkovém rozšíření (Raheem et al. 2019). Hmyz dýchá pomocí soustavy trubiček, známé jako tracheální systém, a stejně jako lidé potřebuje kyslík a produkuje jako odpadní produkt oxid uhličitý. Plyny se v tělech hmyzu vyměňují hlavně difúzí, která probíhá rychleji při vyšších teplotách, což umožňuje, aby se v teplejším podnebí vyskytoval hmyz větší velikosti (Kirkpatrick, 1957).

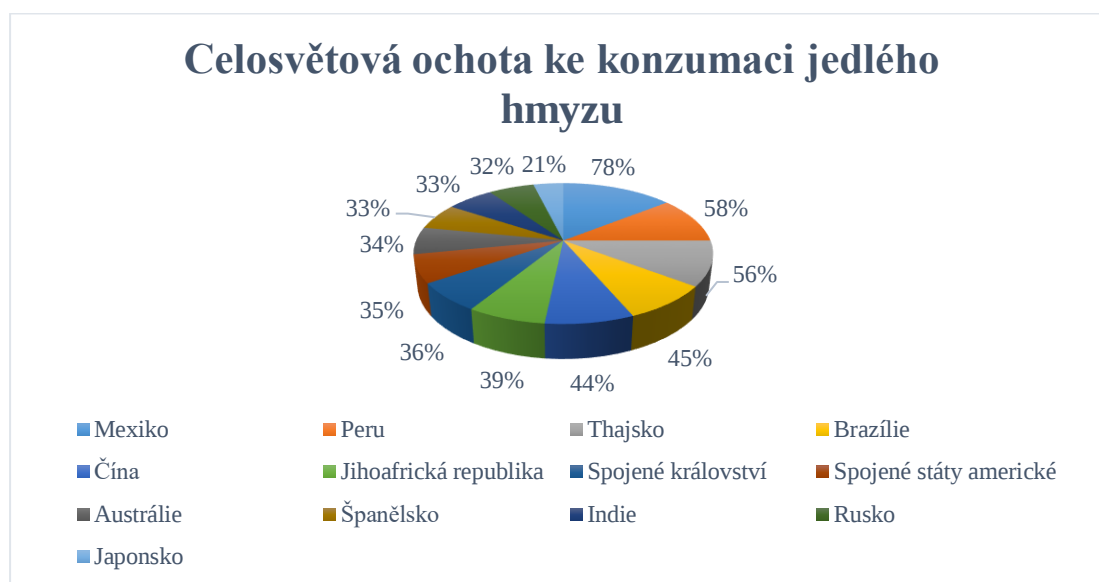
4.1.1 Neofobie

Neofobie může být definována jako „trvalý a iracionální strach ze změny nebo z čehokoli nového, neznámého nebo podivného“ nebo jednodušeji jako „vyhýbání se novým podnětům (zejména potravinám)“. Neofobie tudíž může významným způsobem ovlivnit jak náš jídelníček, tak i náš celkový životní styl. Jak bylo již dříve uvedeno, konzumace jedlého hmyzu sice není pro člověka novým konceptem, ale jeho celkové vnímání a přijetí konzumenty dodnes představují významné překážky pro jeho konzumaci (Van Huis et al. 2022).

Mnoho studií se zaměřilo na ochotu lidí zapojit se do entomofagie, a to jak v podobě celých hmyzích jedinců, tak i zpracovaného hmyzu (pečivo, mouka, proteinové tyčinky).

Výsledky ukázaly, že nejen v západních kulturách, ale i v asijských zemích, jako je Čína, může hmyz vyvolávat silné negativní psychologické reakce, jako jsou neofobie a odpor k jídlu (Dagevos, 2019; Liu, Li, & Gómez, 2020).

Existují ovšem rozdíly v pravděpodobnosti přijetí na základě toho, zda je hmyz podáván vcelku, anebo ve zpracované podobě (kupříkladu prášek) jakožto přísada v jiných výrobcích (Sogari et al. 2019). Použití známého a oblíbeného způsobu přípravy produktu by mohlo přispět ke zvýšení ochoty vyzkoušet tento produkt, ale produkt by měl být také vhodný a chutný, aby mohl být konzumován pravidelně. Častokrát se totiž stává, že i přes velký zájem a přes kvalitu jim předložených produktů jsou ochotní spotřebitelé stále zdráhaví konzumovat potraviny na bázi hmyzu pravidelně kvůli dalším praktickým a sociokulturním faktorům (Tan et al. 2017). Castro & Chambers (2019) ve své studii čítající 8190 respondentů ze 13 zemí poukazují na disparitu mezi ochotou ke konzumaci jedlého hmyzu, co se daných zemích týče. Nejvyšší ochotu konzumovat hmyz projevili respondenti z Mexika, Peru a Thajska (konkrétně v 71 %, 58 % a 56 % případů), nejnižší ochotu konzumovat hmyz naopak projevili respondenti z Japonska, Ruska a Indie, konkrétně pak 21 %, 33 % a 33 % případů (viz Obrázek 1).



Obrázek 1: Celosvětová ochota ke konzumaci jedlého hmyzu, upraveno a převzato od Castro & Chambers (2019)

Pravdou je, že znechucení je základní, fyziologicky podmíněná reakce, která se vyvinula, aby zamezila konzumaci pro člověka škodlivých látek, například patogenů či toxinů, a to především díky znalosti povahy nebo historie potenciální potraviny (Kröger et al. 2022). Například v západních zemích je hmyz často spojován s nežádoucími myšlenkami, jako jsou špína, smrt, nemoci a kontaminace (Sogari, et al. 2019). Není tedy překvapivé, že celková citlivost a pocit odporu může také být prediktorem přijetí hmyzu.

Jedním z řešení tohoto problému by tudíž mohlo být zakomponování jedlého hmyzu do dobře známých pokrmů. Současná tržní strategie spočívá ve vývoji vysoce zpracovaných potravin na bázi hmyzu, které jsou v západní stravě běžné, jako jsou kupříkladu hamburgery, chléb, sušenky, kreky, brambůrky, čokoládové tyčinky, koktejly, polévky, omáčky, anebo těstoviny (Pippinato et al. 2020; Dagevos 2021).

Otázkou tedy je, kolik lidí skutečně hmyz pravidelně konzumuje i přestože je častokrát neprávem spojován s negativními myšlenkami a stereotypy. Vzhledem k nedostatku statistik

o konzumaci jedlého hmyzu je však bohužel téměř nemožné vypočítat přesný počet lidí, kteří konzumují hmyz na celém světě. Zpráva FAO/WUR z roku 2013 (Van Huis et al. 2013) sice uvádí, že jsou na světě zhruba 2 miliardy konzumentů jedlého hmyzu, ale toto číslo se jeví být nadhodnocené. Van Huis et al. (2022) uvádí, že za konzumenta jedlého hmyzu by měl být spíše považován někdo, kdo během části roku konzumuje alespoň jeden druh hmyzu. V zemích, které jsou označovány jako "konzumující hmyz", se nespíš nejedná o část celkové populace, navíc se zdá, že konzumace sbíraného hmyzu klesá. Číslo několika stovek milionů konzumentů by ale mohlo být možné (Van Huis et al. 2022).

4.1.2 Výživová hodnota jedlého hmyzu

Je velmi obtížné zobecnit nutriční hodnotu hmyzu, neboť se odlišuje dle druhu, pohlaví, stravy, vývojového stádia a prostředí, ve kterém se hmyz vyskytuje (fotoperioda, teplota, vlhkost). Nutriční hodnotu hmyzu může též ovlivnit druh použitých analytických metod, anebo i množství a druh krmiva, které je hmyzu podáváno (Van Huis 2016; Meyer-Rochow et al. 2021).

Hmyz obsahuje snadno stravitelné kvalitní bílkoviny. Hasnan et al. (2023) uvádí, že průměrný obsah bílkovin v jedlém hmyzu se pohybuje od 35 do 60 % sušiny nebo od 10 do 25 % čerstvé hmotnosti a obsah v některých druzích hmyzu je vyšší než v některých rostlinných bílkovinách. Kromě bílkovin je hmyz i zdrojem všech esenciálních aminokyselin, výjimku tvoří methionin a tryptofan, které jsou přítomny v relativně nízkých hladinách. Absenci tryptofanu a částečnou obnovu methioninu a cysteinu lze však přičíst metodám analýzy, a ne nutně tomu, že by byly skutečně nepřítomny (Meyer-Rochow et al. 2021). Například na základě údajů o 5 druzích hmyzu (*T. molitor*, *Zophobas morio*, *Alphitobius diaperinus*, *A. domesticus* a *Blaptica dubia*) Yi et al. (2013) zjistili, že množství esenciálních aminokyselin bylo vysoké a obsah bílkovin byl podobný jako u konvenčních masných výrobků, nebo masa samotného. Yi et al. (2013) dále uvádí, že naměřený obsah bílkovin u testovaných druhů hmyzu (kolem 20 %) v této studii byl srovnatelný s obsahem bílkovin v hovězím mase (18,4 %), kuřecím mase (22,0 %) a rybách (18,3 %). Dále byl naměřený obsah bílkovin v hmyzu vyšší než v jehněčím mase (15,4 %) a vepřovém mase (14,6 %). Průměrná hodnota esenciálních aminokyselin u testovaných druhů hmyzu činila 420,6 mg/kg, což je srovnatelné se sójovým proteinem (439 mg/kg), ale nižší ve srovnání s kaseinem (531 mg/kg) (Yi et al. 2013).

Další živinou, která je ve hmyzu hojně zastoupena je tuk. Kouřimská & Adámková (2016) uvádí, že v průměru obsahuje jedlý hmyz 10 až 60 g lipidů na 100 g sušiny, více lipidů však lze nalézt v larválním stádiu nežli v dospělých. Paul et al. (2017) ve své studii uvádí, že dalším významným faktorem, co se obsahu lipidů týče, je i druh daného hmyzu. Výsledky prezentované v této studii ukazují, že tři druhy rovnokřídlých, tj. *A. domesticus*, *Conocephalus discolor* a *Chorthippus parallelus*, obsahují menší množství lipidů (10 až 16 %) nežli larvy *T. molitor* (32 %). Zajímavé však je, že lipidy rovnokřídlých obsahují mnohem vyšší hladiny kyseliny linolové a α -linolenové. Tyto dvě omega 3 mastné kyseliny hrají řadu důležitých rolí v udržování správného zdraví člověka.

Sacharidy jsou v jedlém hmyzu obsažené jen v takřka zanedbatelném množství, v průměru je obsah sacharidů zhruba 1 až 7 g na 100 g sušiny, přičemž hlavním zdrojem sacharidů je polysacharid chitin (Huis & Tomberlin, 2025). Chitin, který je obsažený

v exoskeletu hmyzu, má zajímavé potenciální využití jakožto krmivo pro hospodářská zvířata, neboť v jejich výživě může být velmi přínosný. Na jednu stranu je pravda, že chitin představuje nemalou výzvu z hlediska stravitelnosti, ale na druhou stranu může přispívat ke zlepšení zdraví střev, modulaci imunitního systému a snížení hladiny cholesterolu a patogenních bakterií, neboť se jedná o funkční vlákninu (Abenaim & Conti, 2025). Dalším významným cukrem v tělech hmyzu je pak trehalosa, hlavní cukr obsažen v jeho krevním oběhu. Jejím účelem je poskytování okamžité energie a ochrana před stresem, metabolismus trehalosy souvisí s růstem a vývojem hmyzu (Tellis et al. 2023).

Vitamíny a minerální látky se běžně vyskytují u hmyzu ve velkém množství. Vitaminy se v tělech hmyzu ale obvykle nesyntetizují, většina hmyzu je totiž získává skrze svou potravu (Zhou et al. 2022). Konkrétně se jedná o vitamíny A, B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₁₂, C, D₂, D₃, E, K, listovou kyselinu a biotin. V hmyzu lze nalézt minerální látky jako jsou železo, zinek, fosfor, draslík a vápník. Latunde-Dada et al. (2016) ve své studii uvádí, že *L. migratoria*, *A. domesticus* a *T. molitor* obsahují mnohem vyšší hladiny vápníku, mědi, hořčíku, manganu a zinku než hovězí hrudí, přičemž zejména cvrčci mají vyšší biologickou dostupnost železa.

4.1.3 Vliv výživy na nutriční jakost jedlého hmyzu

Jak bylo dříve zmíněno, strava hmyzu je pravděpodobně nejdůležitějším faktorem pro jeho nutriční hodnotu, možné je i stravu ovlivnit tak, aby vyhovovala konkrétním potřebám (Van Huis et al. 2021). Volba kvalitního krmiva je tudíž velmi důležitá.

Kupříkladu příliš vysoký poměr omega-6/omega-3 mastných kyselin u komerčně produkováných hmyzích druhů lze pozitivně ovlivnit přidáním lněného oleje, bohatým zdrojem kyseliny α -linolenové (Ooninx et al. 2020). Škvorová et al. (2024) uvádí, že nahrazení komerčně užívané sójové moučky řepkovým šrotem nemělo žádný negativní vliv na konverzi krmiva, dobu vývoje a tělesnou hmotnost cvrčka banánového (*Gryllus assimilis*) a že bylo zaznamenáno pozitivní ovlivnění profilu mastných kyselin při zkrmování řepkovým šrotem. Stravou lze ovlivnit dokonce i obsah cholesterolu v jedlém hmyzu. Van Huis et al. (2021) uvádí, že hmyz živící se živočišnými produkty může obsahovat zvýšené množství cholesterolu. Vypozorováno bylo i zvýšení množství karotenoidů u jedlého hmyzu při podávání neprodejných kusů mrkve anebo slupkami mrkví (Heath et al. 2024).

Hutabarat & Mandinga (2024) uvádí, že larvy *Hermetia illucens* zkrmované kávovou sedlinou (SCG) v kombinaci s řasou *Schizochytrium sp.* vykazovaly zvýšený obsah lipidů a bílkovin a vysoké množství nenasycených mastných kyselin, zejména omega-3.

4.1.4 Vliv přípravy hmyzu na jeho senzorickou jakost

Jedním z nejdůležitějších faktorů pro přijetí jedlého hmyzu konzumenty jsou samozřejmě i jeho senzorické (organoleptické) vlastnosti. V mnoha zemích světa je hmyz konzumován živý ihned po ulovení, v případě dalšího zpracování je nejlepším způsobem humánního usmrcení opáření horkou vodou po 1–3 dnech hladovění (Borkovcová et al. 2009). Mezi další druhy kulinářského zpracování lze pak zařadit pečení, smažení, sušení a vaření.

Ribeiro et al. (2024) uvádí, že co se senzorických vlastností týče, lze všechny senzorické parametry (vzhled, vůně, struktura a chuť) ovlivnit přidáním hmyzu. Hmyz obecně způsobuje ztmavnutí nebo zhnědnutí produktů, ovlivněna může být i jejich struktura, produkty se stávají

suššími a zrnitějšími (Ribeiro et al. 2024). Seo et al. (2020) uvádí, že aroma syrových larev *T. molitor* bylo označováno za silné, připomínající vlhkou půdu, a méně olejové, připomínající krevety a kukuřici. Pražené a smažené larvy vykazovaly aroma připomínající pražení, krevety a smažený olej, což lze spojit s meziprodukty Maillardovy reakce a oxidací lipidů, jako jsou pyraziny, alkoholy a aldehydy.

Významný vliv může mít samozřejmě i použité koření, nebo poleva použitá na jedlý hmyz. Caparros Megido et al. (2014) uvádí, že při senzorické analýze byly nejlépe hodnoceny křupavé larvy *T. molitor* s čokoládou, paprikou a pečené přirozeným způsobem, larvy *T. molitor* s vanilkou. *Acheta domesticus* pečení přirozeným způsobem a drcená směs obou druhů byli však jen mírně oblíbení. Dále pak Caparros Megido et al. (2014) uvádí, že pečený jedlý hmyz s křupavou texturou byl podstatně více oceňován nežli hmyz vařený.

Pokud jde o vůni a chuť, vlastnosti spojené s jedlými hmyzem a výrobky na bázi hmyzu jsou velmi variabilní a závisí na podmínkách sušení/vaření a druhu hmyzu (Ribeiro et al. 2024).

4.2 Fenolové sloučeniny

Fenolové sloučeniny (dále jen FS) jsou všudypřítomné chemické sloučeniny, které se vyskytují ve většině rostlinných tkání, včetně ovoce a zeleniny, u rostlin se jedná o sekundární metabolity syntetizované prostřednictvím šikimové kyseliny a metabolismu fenylypropanoidů. Z chemického hlediska se jedná o organické sloučeniny s aromatickým jádrem a minimálně jednou OH skupinou.

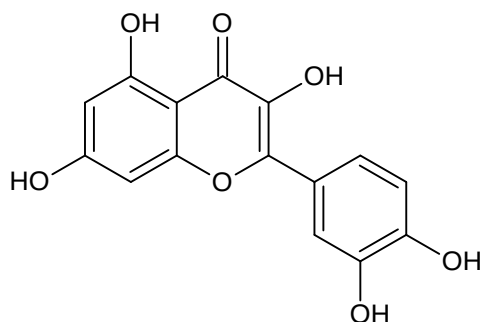
FS mají řadu bioaktivních vlastností a ačkoli nejsou živinami, jejich příjem v potravě má pozitivní vliv na zdraví. Proto se po sklizni používají k ošetření pro zvýšení nebo zachování obsahu FS v ovoci a zelenině (De La Rosa et al. 2019). FS však lze nalézt kupříkladu i v kutikule jedlého hmyzu.

Sklerotizace je proces, při kterém dochází k tvrdnutí kutikuly hmyzu v důsledku začlenění FS do kutikulární matrice obsahující strukturální proteiny a chitin, a to prostřednictvím řady enzymově zprostředkovaných reakcí (Andersen, 2010). Ačkoli výskyt FS u hmyzu úzce souvisí s jejich stravou, výzkum chemických mechanismů sklerotizace prokázal, že v těle hmyzu se vyskytují i FS, které nepocházejí ze stravy. Tyto fenoly, které nepocházejí ze stravy, jsou syntetizovány prostřednictvím enzymově zprostředkovaných reakcí, které probíhají v kutikule, kde hrají hlavní roli enzymy fenoxidázy (Sugumaran, 2010). Příkladem FS, které se nejčastěji vyskytují v jedlém hmyzu druhů jsou kvercetin, kempferol, kyseliny gallová, 4-hydroxybenzoová a syringová (Nino et al. 2021; Torres-Castillo & Olazarán-Santibáñez, 2023; Ruiz et al. 2025).

4.2.1 Kvercetin

Kvercetin (Obrázek 2) je přírodní flavonoid, který se hojně vyskytuje v zelenině a ovoci. Kvercetin se v rostlinách vyskytuje v mnoha různých glykosidických formách, přičemž jednou z nejrozšířenějších forem je kvercetin-3-rutinosid, nazývaný také kvercetin-3-rhamnoglukosid nebo rutin (Iris, 2004). V cibuli je kvercetin vázán na 1 nebo 2 molekuly glukózy (kvercetin-4'-glukosid a kvercetin-3,4'-glukosid), příklady dalších glykosidů kvercetinu v potravě jsou kvercetin galaktosidy, nacházející se v jablkách, a kvercetin arabinosidy, které jsou přítomny v bobulích (Iris, 2004). Existuje stále více důkazů naznačujících, že kvercetin má terapeutický

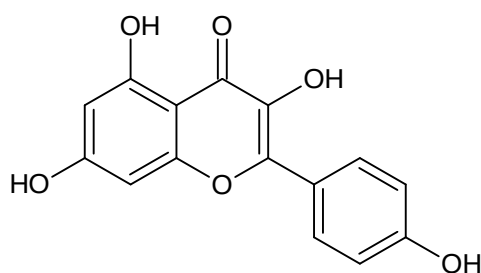
potenciál pro prevenci a léčbu různých onemocnění, včetně kardiovaskulárních onemocnění, nádorových onemocnění a neurodegenerativních onemocnění (Ay et al. 2021). Bylo prokázáno, že kvercetin vykazuje antioxidační, protizánětlivé a protinádorové účinky v řadě buněčných a zvířecích modelů, stejně jako u lidí, a to prostřednictvím modulace signálních drah a genové exprese zapojených do těchto procesů (Ay et al. 2021; Vollmanová et al. 2024).



Obrázek 2: Kvercetin, vlastní tvorba autora

4.2.2 Kemferol

Kemferol (3,5,7-trihydroxy-2-(4-hydroxyfenyl)-4H-chromen-4-on; Obrázek 3) je flavonoid s mnoha slibnými účinky na zdraví, který lze nalézt v různých rostlinách. Pojmenován byl na počest Engelberta Kaempfera, německého lékaře, přírodovědce a historika, který žil v 17. století a významně přispěl k přenosu lékařských znalostí z Japonska na Západ (Periferakis et al. 2022). Kemferol jako chemická sloučenina byl objeven v *Camelia sinensis* (čajovníku) a vykazuje řadu různých pozitivních účinků na zdraví (Periferakis et al. 2022). Shahbaz et al. (2023) ve své studii uvádí, že kemferol se může podílet na inhibici a léčbě několika forem nádorových onemocnění, např. rakoviny plic, vaječníků, prsou a plic, jedním z pravděpodobných mechanismů působení kemferolu je jeho protizánětlivý a antioxidační potenciál, který může pomoci předcházet poškození DNA a inhibovat proliferaci rakovinných buněk. Kromě spouštění apoptózy v rakovinných buňkách může kemferol také inhibovat růst a přemístění rakovinných buněk (Shahbaz et al. 2023).

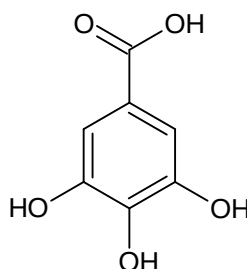


Obrázek 3: Kemferol, vlastní tvorba autora

4.2.3 Gallová kyselina

Gallová kyselina (3,4,5-trihydroxybenzoová kyselina; Obrázek 4), objevená Carlem Wilhelmem Scheelem v roce 1786, je dnes považována za jednu z hlavních fenolových kyselin, která má velký význam v mnoha průmyslových odvětvích, hojně se nachází v mnoha rostlinách čeledi *Anacardiaceae*, *Fabaceae* a *Myrtaceae* (Wianowska & Olszowy-Tomczy, 2023).

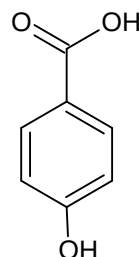
Kyselina gallová má údajně několik příznivých účinků, včetně antioxidačních, protizánětlivých a protinádorových vlastností, uvádí se také, že má i terapeutické účinky při gastrointestinálních, neuropsychologických, metabolických a kardiovaskulárních poruchách (Kahkeshani et al. 2019).



Obrázek 4 Kyselina gallová, vlastní tvorba autora

4.2.4 4-hydroxybenzoová kyselina

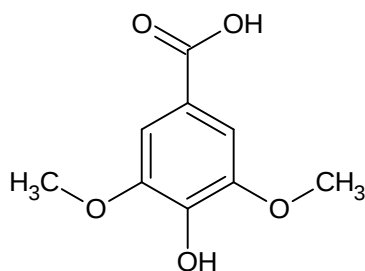
4-hydroxybenzoová kyselina (4-hydroxybenzenkarboxylová kyselina; Obrázek 5) je organická pevná látka, kterou lze izolovat přirozeně z mrkve (*Daucus carota*), palmy olejné (*Elaeis guineensis*), nebo hroznů (*Vitis vinifera*) (Manuja et al. 2013). Manuja et al. (2013) dále uvádí, že kyselina 4-hydroxybenzoová má antibakteriální, antimykotické, antialgální, antimutagenní, antisicklingové a estrogenní účinky, široké využití má též jakožto konzervační látka v léčích, kosmetice, farmaceutických přípravcích, potravinách a nápojích.



Obrázek 5: Kyselina 4-hydroxybenzoová, vlastní tvorba autora

4.2.5 Syringová kyselina

Široké spektrum využití má i syringová kyselina (dimethyl ether 3,5 dihydroxybenzoové kyseliny; Obrázek 6), a to konkrétně v prevenci *diabetes mellitus*, kardiovaskulárních onemocnění, nádorových onemocnění a cerebrální ischemie. Dále jsou ji přisuzovány i antioxidační, antimikrobiální, protizánětlivé, antiendotoxické, neuroprotektivní a hepatoprotektivní účinky (Srinivasulu et al. 2018). Mezi dobré zdroje syringové kyseliny lze pak zařadit například olivy (*Olea Europea*), hrozny (*Vitis vinifera L.*), borůvky (*Vaccinium myrtillus*), mangold (*Beta vulgaris var. vulgaris*), ale i řadu dalších rostlin (Bartel et al. 2023).



Obrázek 6: Kyselina syringová, vlastní tvorba autora

4.2.6 Celkové množství fenolových sloučenin (TPC) v jedlém hmyzu

S jistotou tudíž lze říct, že jedlý hmyz může představovat pro člověka nejen dobrý zdroj základních živin (bílkoviny, lipidy, sacharidy), ale i vitaminů, minerálních látek a FS. Množství FS se ale může lišit v závislosti na stravě či druhu daného jedlého hmyzu.

Džima et al. (2025) ve své studii stanovili TPC u celkem osmi druhů jedlého hmyzu, z čehož tři byly povoleny jako potravina i v EU. Nejvyšší ($p < 0,05$) TPC byl zaznamenán ve vzorku *Gryllus assimilis* ($14,51 \pm 0,94$ mg GAE/g sušiny; GAE – ekvivalent kyseliny gallové) mezi testovanými vzorky, zatímco významně ($p < 0,05$) nejnižší TPC byl ve vzorku *Hermetia illucens* ($5,18 \pm 0,06$ mg GAE/g sušiny), průměrná hodnota TPC byla stanovena na 10,63 mg GAE/g sušiny (Džima et al. 2025). Džima et al. (2025) dále uvádí, že co se vývojových stádií hmyzu týče, byly nejnižší hodnoty naměřeny u larválních stádií (8,23 mg GAE/g sušiny).

To, že se hodnota TPC u jedlého hmyzu může lišit na základě sledovaných druhů podporuje i studie od Botella-Martínez et al. (2021). Ve své studii analyzovali chemické složení a fenolové sloučeniny v odtučněných moučkách získaných z různých druhů jedlého hmyzu, kupříkladu *A. domesticus*, *T. molitor*, *Zophobas morio* a *Rhynchophorus ferrugineus*, hodnoty TPC se pohybovaly v rozmezí od 1,09 do 3,83 g GAE/100 g vzorku. Moučka získaná z *Rhynchophorus ferrugineus* vykazovala nejvyšší TPC (3,83 g GAE/100 g) s významným rozdílem ($p < 0,05$), následovaná moukou z *T. molitor* (1,95 g GAE/100 g), naopak moučky získané z *A. domesticus* a *Zophobas morio* měly nejnižší hodnoty TPC (1,09 a 1,15 g ekvivalentu kyseliny gallové (GAE)/100 g) a tyto hodnoty se mezi sebou významně nelišily.

Jak již bylo ale dříve zmíněno, i strava jedlého hmyzu může významně ovlivnit jeho TPC a zbylé nutriční vlastnosti. Kotsou et al. (2023) ve své studii zkrmovali larvy *T. molitor* směsí otrub (konvenční krmivo) a SCG (10 a 25 % hmotnostních) a vypožorovali zvýšení TPC o 29,01 %, olej extrahovaný z těchto larev navíc vykazoval zvýšenou nutriční hodnotu a větší odolnost proti oxidaci. Dále pak bylo zjištěno, že přidání 10 % SCG vedlo k 45,26% nárůstu hrubých bílkovin ve srovnání se vzorkem SCG0.

4.3 Rizika spojená s konzumací jedlého hmyzu

I přes značné množství pozitivních vlastností jedlého hmyzu (dobrá nutriční hodnota, zdroj minerálních látek a vitaminů), které byly již dříve zmíněny, existují i rizika spojená s jeho konzumací.

4.3.1 Alergické reakce

Jedním z těchto rizik mohou být kupříkladu alergické reakce. Ribeiro et al. (2019) ve své studii uvádí, že při konzumaci hmyzu existuje riziko alergické reakce pro osoby trpící alergií na koryše. Dále pak ve své studii uvádí, že sice byla potvrzena role tropomyosinu v křížové alergické reakci mezi jedlým hmyzem a koryší, ale stále existují určité otázky týkající se reaktivity imunoglobulinu E (IgE) na tento alergen u *T. molitor*. Existují také náznaky, že u osob, které jsou neustále vystaveny hmyzu (například pracovníci chovající hmyz), se může vyvinout potravinová alergie, což může být důvodem k obavám s ohledem na perspektivu zvyšování počtu chovných jednotek pro masovou produkci hmyzu pro potravinářské a krmivářské účely (Ganseman et al. 2023).

4.3.2 Mykotoxiny

Mykotoxiny jsou toxické chemické sloučeniny produkované v potravním řetězci vláknitými houbami, zejména druhy z rodů *Aspergillus*, *Penicillium* a *Fusarium*, prostřednictvím infekce plodin před i po sklizni (Marin et al. 2013).

Mnoho druhů hmyzu je často zkrmováno potravinovým odpadem, ten však může obsahovat některé druhy mykotoxinů. Ve své studii se Evans & Shao (2022) zaměřili na aflatoxiny, fumonisiny, zearalenon (ZEN), vomitoxin nebo deoxynivalenol (DON) a ochratoxiny (OTA). Metabolismus aflatoxinů byl prokázán produkcí hydroxylovaných metabolitů NADPH-dependentními reduktázami a hydroxylázami různými druhy hmyzu. ZEN mohl být metabolizován na α - a β -zearalenol. Z metabolitů DON byly u hmyzu identifikovány tři metabolity DON, 3-, 15-acetyl-DON a DON-3-glukosid. Zbylé výsledné metabolity, zúčastněné enzymy a detoxikační mechanismy OTA a fumonisinů v hmyzu dosud nebyly identifikovány.

Ramos et al. (2023) uvádí, že jediné mykotoxiny, jejichž množství přesahovalo zákonný limit byly pouze AFG2 a OTA. Sledované druhy jedlého hmyzu byly *A. domesticus*, *T. molitor*, *Alphitobius diaperinus* a *L. migratoria*. Ostatní analyzované mykotoxiny byly zjištěny pouze v malém množství nebo v nízkých koncentracích. Bisconsin-Junior et al. (2023) však uvádí, že neexistují žádné důkazy o tom, že by se mykotoxiny hromadily v tkáních larev hmyzu, druhy *Coleoptera* užity v této studii vykazovaly vysokou schopnost vylučování mykotoxinů, *Hermetia illucens* však měla nižší schopnost vylučování ochratoxinu A, zearalenonu a deoxynivalenolu. Substrát s nízkou kontaminací mykotoxiny by tedy mohl být použit pro chov jedlého hmyzu, zejména z řádu *Coleoptera*.

4.3.3 Těžké kovy

Těžké kovy jako Fe, Cu, Zn, Hg, As, Cd a Pb byly zjištěny u hmyzu chovaného na živočišném hnoji a jiných zemědělských odpadech. Ačkoli kovové prvky jako Zn, Cu a Fe, jsou nezbytné pro normální fungování organismu, při požití v množství přesahujícím doporučené hodnoty se stávají toxickými (Malematja et al. 2023).

Muhammad et al. (2022) se ve své studii zaměřili na hodnocení některých karcinogenních (Cd a Pb) a nekarcinogenních (Co, Cu, Fe a Zn) těžkých kovů u tří druhů jedlého hmyzu (*Zonocerus variegatus*, *Schisocerca gregaria* a *Macrotermes bellicosus*) a jednoho larválního

stádia ryb (*Oreochromis niloticus*). Hodnoty byly stanoveny s pomocí atomového absorpčního spektrofotometru (AAS) a porovnány s normami FAO/WHO. Co se karcinogenních těžkých kovů týče, bylo Cd v hodnotách od $7,11 \pm 0,89$ mg/kg do $74 \pm 0,00$ mg/kg a Pb bylo v hodnotách od $0,04 \pm 0,08$ mg/kg do $1,14 \pm 0,49$ mg/kg. Všechny hodnoty těžkých kovů s výjimkou Pb sice byly nad doporučenou úrovní, ale autor sám uvádí, že velké rozdíly v koncentraci Cd lze přičíst odlišnému prostředí chovu a výživě těchto druhů.

Ramos et al. (2023) ve své studii uvádí, že u čtyř jimi zkoumaných druhů hmyzu (*A. domesticus*, *T. molitor*, *Alphitobius diaperinus* a *L. migratoria*) bylo kadmium těžkým kovem s nejvyšší koncentrací, s hodnotami až 219 µg/kg, což překračuje limity stanovené předpisem, rtuť byla detekována v koncentracích <5 µg/kg. Při chovu, manipulaci, zpracování, balení a skladování hmyzu by měla být tudíž přijata vhodná opatření, aby se zabránilo výskytu nebezpečných chemických látek.

4.3.4 Parazitě jedlého hmyzu

Jedním z dalších rizik, které by potenciálně mohl jedlý hmyz pro konzumenta představovat jsou kupříkladu parazité, neboť parazitární onemocnění mohou pro člověka představovat nebezpečí. Za zmínku stojí též, že parazitární onemocnění mohou způsobit i značné ztráty v chovech hmyzu.

Gałęcki & Sokół (2019) ve své studii uvádí, že z celkových 300 domácích farem a obchodů se zvířaty (z toho 75 farem chovajících *T. molitor*, 75 farem chovajících *A. domesticus*, 75 farem chovajících *Gromphadorhina portentosa* a 75 farem chovajících *L. migratoria*) byli parazité nalezeni ve 244 (81,33 %) z nich. Za zmínku však stojí, že parazité byli potenciálně patogenní pro člověka pouze v 91 případech (30,33 %) případech z celkových 300. Výsledky této studie však mohly být ovlivněny tím, že hmyz dodaný z obchodů se zvířaty nutně nemusel být jakostně na stejné úrovni jako hmyz z domácích farem.

Ve studii od Percipalle et al. (2024) byly analyzovány čtyři druhy hmyzu nejčastěji používané jako potravina pro lidskou spotřebu, kupříkladu *T. molitor*, *L. migratoria*, *A. domesticus* a *Bombyx mori*. Celkem bylo zkoumáno 16 různých druhů jedlého hmyzu, včetně živého a dehydratovaného, přírodního, soleného, ochuceného a hmyzu pokrytého čokoládou za účelem zjištění přítomnosti *Toxoplasma gondii* s užitím metody PCR. Vzorky zahrnovaly živé exempláře, ale také minimálně (dehydratované) a vysoce zpracované jedlé druhy hmyzu, přičemž stopy DNA *Toxoplasma gondii* byly detekovány pouze v jednom celkových 16 vzorků (6,25 %).

4.4 Cirkulární ekonomika jedlého hmyzu

Winans et al. (2017) uvádí, že hlavním bodem konceptu cirkulární ekonomiky (dále jen CE) je využití recyklace materiálových toků a vyvážení hospodářského růstu a rozvoje s ochranou životního prostředí a využíváním zdrojů. V současné době je koncept CE přijímán v širším měřítku a organizace po celém světě, jako jsou Evropská komise a Nadace Ellen MacArthur, prosazují některé jeho aspekty, včetně návrhu materiálů a hodnocení toků trhu.

Jedlý hmyz má rozhodně v tomto smyslu oproti konvenčním zdrojům bílkovin výhodu v tom, že jej nejen lze samostatně využít jako výživu pro člověka a zvířata, ale je možné využít i jeho vedlejší produkty (frass – hnůj hmyzu, včetně zbytků jeho svleček a potravy), další, již

předem zmíněnou výhodou jedlého hmyzu jsou i jeho nízké emise tzv. skleníkových plynů (kupříkladu oxid uhličitý, metan). S jistotou lze tedy říci, že chov a konzumace jedlého hmyzu jde ruku v ruce se samotným konceptem CE.

4.4.1 Frass

Hénault-Ethier et al. (2023) ve své studii vysadili na střeše „La Centrale Agricole“ v Montrealu devět druhů zeleniny, jednu bylinu a tři druhy květů, rostliny byly pěstovány v substrátu obohaceném s 5 % kompostu (v/v) (kontrola) a hnojeny 0,5 % (v/v) frassem a slepičím hnojem s izonitrogenovou koncentrací. Frass vedl k 16násobnému zvýšení jedlé biomasy ve srovnání s kontrolou, rostliny hnojené frassem měly větší a početnější květy než kontrolní rostliny.

Poveda et al. (2019) využili ve své studii frass larev *T. molitor* zkrmovaných třemi odlišnými krmivy, každá užitá varianta frassu vedla ke zlepšení parametrů rostlin, obzvláště pak frass larev zkrmovaných dietou A (nízký obsah lipidů a škrobu). Dokonce se ukázalo, že dieta A může toleranci rostlin k abiotickému stresu.

Jak je tedy patrné, frass má, co se zemědělství týče, do budoucna relativně dobrý potenciál jakožto hnojivo.

4.4.2 Vedlejší produkty potravinářství a zemědělství

Kromě využívání frassu hmyzu lze využít v rámci CE i hmyz samotný jakožto skvělý způsob, kterým lze využít vedlejší produkty jak potravinářského, tak i zemědělského průmyslu.

Kupříkladu Mancini et al. (2019) ve své studii zkrmovali larvy *T. molitor* pěti různými druhy zbytků či vedlejších produktů potravinářského průmyslu (pivovarské mláto, zbytky chleba a sušenek a směsi pivovarského mláta nebo chleba se sušenkami). Stanovena byla antioxidační schopnost, chemické složení, mikrobiální zátěž a růstové parametry larev. Larvy zkrmované pivovarským mlátem vykazovaly rychlejší růst a vyšší obsah hrubých bílkovin a sacharidů, použití sušenek jakožto jediného substrátu nebo jejich přidání do pivovarského mláta či chleba zvýšilo obsah lipidů, zatímco růst hmyzu byl zpomalen. Mikrobiální zátěž byla jen částečně ovlivněna krmnou stravou, co se antioxidační schopnosti larev týče, dopadla nejlépe skupina zkrmována sušenkami, což lze přičíst vyššímu množství tokoferolů obsažených ve sušenkách.

Collavo et al. (2005) uvádí, že cvrčci (*A. domesticus*) mají též dobrý potenciál pro chov na organickém odpadu. Testovány byly celkem čtyři diety za účelem zjištění nejvyšší růstové rychlosti a nejvyššího výnosu na jednoho jedince (strava pro dojnice; strava pro dojnice doplněná kvasinkami pro zvýšení výnosu cvrčků; aromatická stromová strava obsahující trnovník akát, kvasnice, listy bazalky, listy šalvěže, listy lísky a listy javoru; a strava z komunálních organických zbytků obsahující ovoce a zeleninu, rýži a těstoviny, vepřové a hovězí maso, chléb, sýrové kůry a žloutky), přičemž nejvyšší konečné hmotnosti a růstové rychlosti bylo dosaženo s pomocí diety z organických zbytků (nejvyšší výnos po 8–9 týdnech, 0,45 g na jednoho cvrčka), nejhorší výsledky měla aromatická stromová dieta (nejvyšší výnos po 10 týdnech, 0,34 g na jednoho cvrčka), při které dokonce i docházelo mezi cvrčky ke kanibalismu, což lze přičíst její nutriční nevyváženosti.

Jedním z mnoha druhů výživy pro jedlé druhy hmyzu by se mohla stát i kávová sedlina, neboť trh s kávou získal v posledních letech významný význam díky svému rozvoji a celosvětové produkci. Pro rok 2023/2024 byla celosvětová produkce kávy odhadována na zhruba 177 milionů pytlů kávy, k produkci kávové sedliny však významně přispívají i země, které ani kávu samy neprodukují (ICO, 2024). Bevilacqua et al. (2023) uvádí, že odhadované množství odpadu vzniklé při produkci kávy na celém světě činí nejméně 6–8 milionů tun za rok, tato hodnota zahrnuje zejména vedlejší produkty výroby kávy, jako jsou kupříklady slupky, cascara (sušené slupky a dužina kávových třešní), nebo i použitá kávová sedlina, a nezahrnuje kontaminovanou půdu a vodu. Kávová sedlina má díky svému složení vysoký potenciál jakožto obnovitelný zdroj lipidů, fenolových bioaktivních sloučenin a sacharidů pro výrobu mnoha produktů s přidanou hodnotou. Její výhodou je i fakt, že kávová sedlina nekonkuruje potravinářským výrobkům a je produkována v objemech, které jsou z průmyslového a ekonomického hlediska dostatečně přijatelné, aby se dalo uvažovat o jejím sekundárním využití (Kovalcik et al. 2018). Ve dříve zmíněné studii od Kotsou et al. (2023) bylo u larev *T. molitor* zkrmovaných kávovou sedlinou sice zaznamenáno mírné zvýšení úmrtnosti larev, ale nijak to neovlivnilo přírůstek jejich hmotnosti. Substrát složený ze 75 % pšeničných otrub a 25 % kávové sedliny se ukázal jako velmi prospěšný pro larvy *T. molitor*, neboť zvýšil jejich obsah bílkovin, vitamínů a polyfenolů, i jejich antioxidační kapacitu. Freitas et al. (2024) ve své studii uvádí, že larvy *T. molitor* zkrmované dietou T1 (směs 5 % kávové sedliny a 95 % substrátu) vykazovaly nejvyšší nárůst hmotnosti během počáteční 7denní fáze, a dokonce překonaly kontrolní skupinu. Nutno však zmínit, že diety T2, T3 a T4 (15 %; 25 % a 50 % kávové sedliny) nevykazovaly v průběhu experimentu významné rozdíly v hmotnosti a že při užití diety T5 (100 % koncentrace kávové sedliny) po 14 dnech došlo k prudkému snížení hmotnosti larev až o 78 %. Permana et al. (2018) zkoumali využití kávové sedliny u 7denních larev *Hermetia illucens*, přičemž bylo testováno celkem 5 různých dávek krmení, a to konkrétně 12,5, 25, 50, 100 a 200 mg/larvu/den. Tato studie dospěla k závěru, že optimální dávka krmení je 200 mg/larvu/den, což vedlo k době vývoje přibližně 25,6 dne, účinné konverzi krmiva na vlastní biomasu 5 %, rychlosti růstu 1,41 mg/den, indexu redukce odpadu 0,997 (schopnosti larev redukovat organický materiál) a obsahu bílkovin v larvách až 33,45 %.

S předpokládaným rozvojem chovu a využití hmyzu jakožto potravy a krmiva by bylo rozhodně vhodné zjistit, zdali skutečně lze kávovou sedlinu efektivně využít jako zdroj jeho krmiva, a zdali implementace kávové sedliny do výživy jedlého hmyzu může ovlivnit nejen množství bioaktivních látek v jedlém hmyzu, ale i jeho senzorickou kvalitu.

5 Metodika

5.1 Použité materiály

Metanol (MetOH), etanol (EtOH) a Follinovo činidlo byly pořízeny od VWR chemicals BDH (FR). Gallová kyselina byla pořízena od Sigma-Aldrich Laborchemikalien GmbH (DE), Na₂CO₃ pořízena od Lach-Ner, s.r.o (CZ) a 96jamková mikrotitrační destička byla pořízena od ThermoFisher (UK). Káva Brasilia Cerrado Dulce byla pořízena od Primocoffee s.r.o. (CZ).

5.2 Metodika experimentu

5.2.1 Chov hmyzu

Byl chován jeden druh hmyzu z řádu *Coleoptera*, a to přesněji potěmník moučný (*T. molitor*). Potěmník moučný byl chován v chovných zařízeních České zemědělské univerzity v Praze. Potěmníci byli krmeni *ad libitum* upravenou kompletní krmnou směsí pro brojlery v kombinaci s pšeničnými otrubami v poměru 1:3. Testovaná skupina potěmníků byla krmena kávovou sedlinou v kombinaci s pšeničnými otrubami také v poměru 1:3.

Kávová sedlina byla odebrána z Potravinářského pavilonu a následně byla sušena ve vakuové sušárně (Memmert GmbH, Německo) po dobu 24 hodin při 70 °C. Před sklizní byl hmyz ponechán 24 hodin bez potravy. Následně byl usmrcen zmrazením, lyofilizován (L10-55 PRO, GREGOR Instruments s.r.o., CZ) a homogenizován pomocí laboratorního mlýnku (IKA MultiDrive basic, Vekron, CZ). Rozemletý hmyz byl až do analýzy a dalšího zpracování ponechán v mrazáku při -80 °C.

5.2.2 Příprava extraktů

Extrakty byly připraveny navážením 1 g homogenizovaného vzorku do 50 ml plastových zkumavek typu Falcon. Ke vzorku bylo přidáno 10 ml roztoku metanol:voda (80:20) nebo etanol:voda (80:20). Následně byly vzorky vortexovány po dobu 30 vteřin na laboratorním vortexu (Basic 3, IKA, KG, Německo), nechány na ultrazvuku na 10 minut (Elmasonic P, Elma Schmidbauer GmbH, Německo) a na závěr centrifugovány při 3214 otáčkách na 10 minut (CompactStar CS4 obj, VWR, USA). Supernatant byl převeden do 25ml plastových zkumavek typu Falcon a sediment byl znovu extrahován pomocí 10 ml extrakčního roztoku. Oba supernatanty byly následně sloučeny a doplněny do 25 ml. Pro analýzu byl takto získaný extrakt přefiltrován přes stříkačkový filtr (PVDF, 0,45 µm) do hnědých HPLC vialek.

5.2.3 Stanovení celkových fenolových sloučenin

Obsah celkových fenolových sloučenin byl stanoven pomocí Folin-Ciocalteuovy (F-C) metody. Dosažené výsledky jsou vyjádřeny v ekvivalentu gallové kyseliny. Fenolové sloučeniny v testovaném vzorku reagují s Folinovým činidlem za vzniku modrých oxidů wolframu a molybdenu, které jsou následně spektrofotometricky měřeny při 700 nm.

Do 96jamkové destičky bylo všude napipetováno 100 µl vody a do prvních pozic 100 µl testovaného vzorku, který byl následně 5x dvojnásobně ředěn na požadovanou koncentraci.

Z poslední pozice byl zbytek 100 µl odstraněn. Následně bylo přidáno 25 µl F-C činidla a destička byla ponechána na 10 minut na orbitální třepačce při 50 otáčkách za minutu. Po sundání z orbitální třepačky bylo pipetováno do všech jamek 75 µl 12 % Na₂CO₃ a celá destička byla uskladněna v temnu na 1 hodinu při 37 °C. Následně byla destička změřena na spektrofotometru Spark od firmy Tecan (CH) při 700 nm.

5.2.4 Senzorická analýza

Senzorického hodnocení se účastnilo 25 vyškolených hodnotitelů. Vzorky jedlého hmyzu (*T. molitor*) byly podávány v Petriho miskách, přičemž každý vzorek byl označen unikátním čtyřmístným kódem. Oba vzorky byly servírovány zároveň. Pro vyhodnocení byla použita metoda deskriptivního profilování s využitím nestrukturované desetibodové škály (senzorické deskriptory a orientace škály jsou uvedeny v Příloze č.2). Senzorická data byla sbírána anonymně; hodnotitelé byli informováni o konzumaci výrobků obsahujících hmyz z důvodu možné alergenicity hmyzu. Dále byli seznámeni s účelem studie a dobrovolnou účastí na senzorickém hodnocení.

5.2.5 Analýza barvy

Určeny byly hodnoty barevných souřadnic CIELAB (L*, a*, b*) vzorků jedlého hmyzu (*Tenebrio molitor*), využit byl spektrofotometr Minolta CM-17d (Konica Minolta Sensing Europe B.V./Konica Minolta Japan). Hodnota L*(10°/D65) představuje světlost a hodnoty se pohybují v rozmezí od 0 (černá) do 100 (bílá), hodnota a*(10°/D65) představuje zelenou barvu (a* < 0) nebo červenou barvu (a* > 0) a hodnota b*(10°/D65) představuje žlutou barvu (b* > 0) nebo modrou barvu (b* < 0). Browning index (BI), whiteness index (WI), celkový barevný rozdíl (ΔE), sytost (C*) a odstín barvy (h°) jsou barevné parametry vypočítané z barevných souřadnic CIELAB (L*, a*, b*) s pomocí rovnic (1) až (6) (Chikpah et al., 2023).

$$BI = \frac{[100(x-0.31)]}{0.172} \quad (1)$$

$$x = \frac{(a^*+1.75L^*)}{(5.645L^*+a^*-3.012b^*)} \quad (2)$$

$$WI = 100 - [(100 - L^*)^2 + (a^*)^2 + (b^*)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

$$\Delta E = \sqrt{(L^*_0 - L^*)^2 + (a^*_0 - a^*)^2 + (b^*_0 - b^*)^2} \quad (4)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (5)$$

$$h^\circ = \arctg\left(\frac{a^*}{b^*}\right) \quad (6)$$

Kde L*, a* a b* jsou hodnoty světlosti, červenosti a žlutosti. L*₀, a*₀, b*₀ v rovnici (4) představují hodnoty barev vzorků hmyzu.

5.2.6 Statistické vyhodnocení

Získaná data jsou prezentována jako průměr ± směrodatná odchylka (SD). Statistické výpočty byly provedeny pomocí programů Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmont, WA, USA) a Statistica v.12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). K vyhodnocení rozdílů mezi vzorky byla použita jednofaktorová analýza rozptylů (ANOVA) s hladinou pravděpodobnosti

$\alpha = 0,05$ s následnou post hoc Scheffeho metodou a dvouvýběrový párový t-test na střední hodnotu s hladinou pravděpodobnosti $\alpha = 0,05$ a $\alpha = 0,01$.

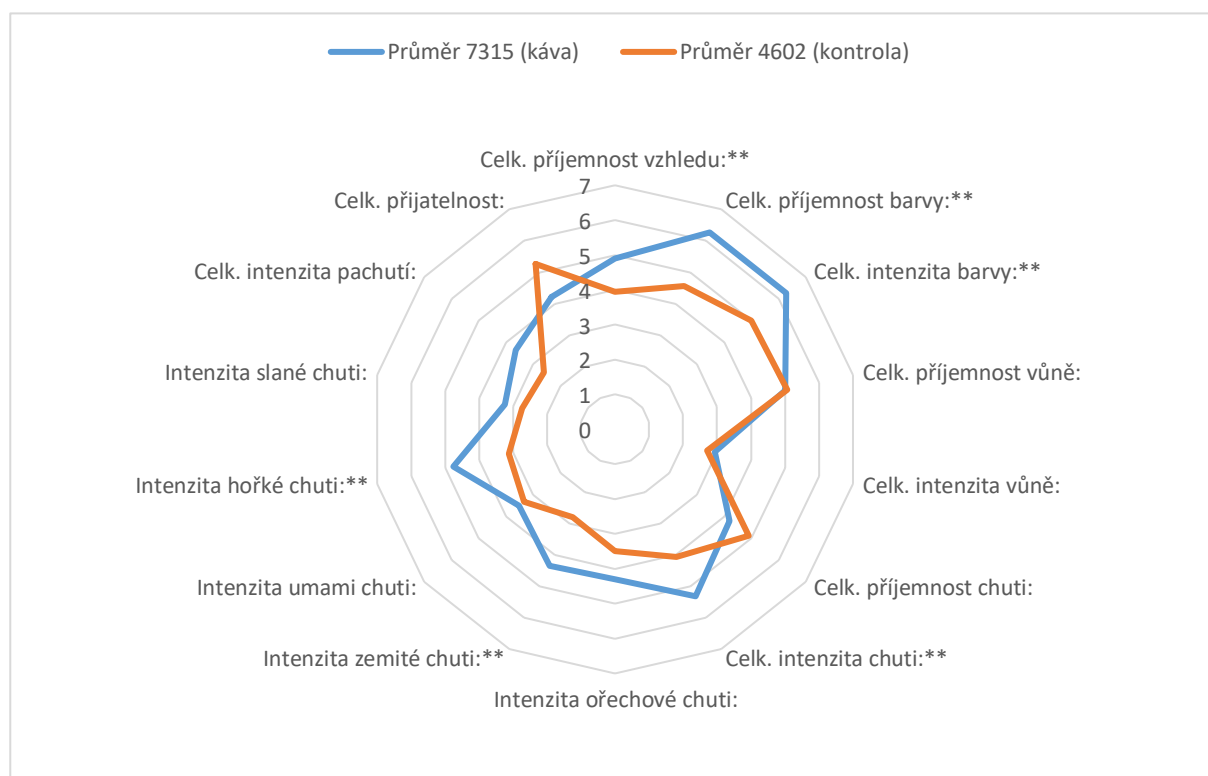
6 Výsledky

V práci byl pozorován vliv přidavku kávové sedliny na senzorické vlastnosti a množství polyfenolových látek v tělech jedlého hmyzu (*T. molitor*). Pro vyhodnocení senzorického profilu *T. molitor* byla použita metoda deskriptivního profilování s využitím nestrukturované desetibodové škály, pro porovnání barvy byly určeny hodnoty barevných souřadnic CIELAB (L^* , a^* , b^*), využit byl spektrofotometr Minolta CM-17. Co se celkových fenolových sloučenin týče, jejich obsah byl stanoven pomocí Folin-Ciocalteuovy (F-C) metody.

6.1 Výsledky senzorické analýzy

6.1.1 Hodnocení chuti, vůně a barvy jedlého hmyzu (*T. molitor*)

Senzorické analýzy *T. molitor* se celkem zúčastnilo 25 proškolených hodnotitelů, kteří byli důkladně obeznámeni se způsobem hodnocení a s významem senzorických deskriptorů. Bodové hodnocení, které vzorky obdržely, bylo následně na osách změřeno s pomocí pravítka a hodnoty byly převedeny do programu Microsoft Excel. Následně bylo s pomocí dvouvýběrového párového t-testu na střední hodnotu určeno, zdali existuje statisticky významný rozdíl mezi deskriptory dvou vzorků *T. molitor*, přičemž vzorek 7315 představuje *T. molitor* zkrmovaný kávovou sedlinou a vzorek 4602 je kontrolní skupina, které nebyla kávová sedlina podávána.



Obrázek 7: Hodnocení chuti *T. molitor*, ** = statisticky významný rozdíl na hladině pravděpodobnosti $\alpha = 0,01$

Jak je patrné z Obrázku č. 7, byly hodnotiteli vnímány rozdíly mezi dvěma jim předloženými vzorky *T. molitor*, co se chuťových i vzhledových dojmů týče.

Vzorky *T. molitor* zkrmované kávou (7315) byly pozitivněji hodnoceny respondenty ve všech kategoriích barvy a celkového vzhledu, statisticky významně se od sebe vzorky lišily v celkové příjemnosti vzhledu a v celkové intenzitě a příjemnosti barvy. Hodnotiteli byla v průměru lépe hodnocena celková příjemnost vůně kontrolní skupiny (4602), ale skupině 7315 byl přičítán intenzivnější vjem vůně. Mezi celkovou intenzitou a příjemností vůně statisticky významný rozdíl vyzorován nebyl.

Co se chuti týče, byl vyzorován statisticky významný rozdíl v intenzitě hořké a zemité chuti a v celkové intenzitě chuti. Statisticky významný rozdíl v hodnotách intenzity ořechové, slané a umami vyzorován nebyl. Zajímavé je, že vzorky zkrmované kávovou sedlinou byly vnímány jako intenzivnější ve všech hodnocených kategoriích chuti, včetně celkové intenzity pachuti. Právě celkové intenzitě pachuti lze dle mého názoru přičíst fakt, že kontrolní skupina byla hodnotiteli v průměru označována jako celkově přijatelnější pro konzumaci a měla též vyšší příjemnost chuti. V příloze č.2 jsou pak uvedeny námi naměřené hodnoty i se směrodatnou odchylkou.

6.1.2 Hodnocení barvy jedlého hmyzu (*T.molitor*)

Barva vzorků *T. molitor* byla získána pomocí spektrofotometrického měření, které bylo nutno provést ve dvou odlišných módech pro větší přesnost interpretace výsledků. Důvodem je fakt, že aby bylo možno měřit barvu různých vzorků s odlišnou povrchovou strukturou, je třeba, aby přístroj umožňoval více měřicích a pozorovacích podmínek. Z tohoto důvodu jsou dnes ve většině přístrojů pro měření barev zahrnuty jak podmínky SCI, tak i SCE. Hodnoty SCI (Specular Component Included) měří skutečnou celkovou barvu materiálu, včetně světla odraženého od povrchu (lesk). Oproti tomu SCE (Specular Component Excluded) vylučuje lesk povrchu a měří pouze světlo, které je rozptýlené materiálem (difúzní odraz), což se velmi blíží způsobu, kterým lidské oko vnímá barvu (Kun et al. 2014). Námi naměřené hodnoty byly převedeny do programu Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmont, WA, USA) a porovnány s pomocí dvouvýběrového párového testu na střední hodnotu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka 1: Hodnocení barvy vzorků *T. molitor* (SCI)

SCI		
Hodnocená skupina	<i>T. molitor</i> kontrolní skupina	<i>T. molitor</i> + kávová sedlina
L	66,85 ± 0,63	50,64 ± 0,40*
a	4,72 ± 0,44	8,72 ± 0,17*
b	16,16 ± 0,35	13,99 ± 0,49*
ΔE	0	16,84 ± 0,43*
C	16,84 ± 0,46	16,49 ± 0,41
Hue	0,28 ± 0,02	0,56 ± 0,01*
BI	32,10 ± 1,36	44,05 ± 0,97*
WI	62,82 ± 0,67	47,96 ± 0,29*

Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr objemu ± směrodatná odchylka. Hodnoty ve sloupcích s indexem * se statisticky významně liší od kontrolní skupiny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$

V případě podmínek SCI (Tabulka 1) byly nalezeny statisticky průkazné rozdíly ve všech naměřených (L, a, b) a vypočtených hodnotách (ΔE , Hue, BI a WI) kromě sytosti (C). Larvy *T. molitor* zkrmované kávovou sedlinou vykazovaly v průměru vyšší hodnoty pouze u červenosti (a) a BI (browning index).

Tabulka 2: Hodnocení barvy vzorků *T. molitor* (SCE)

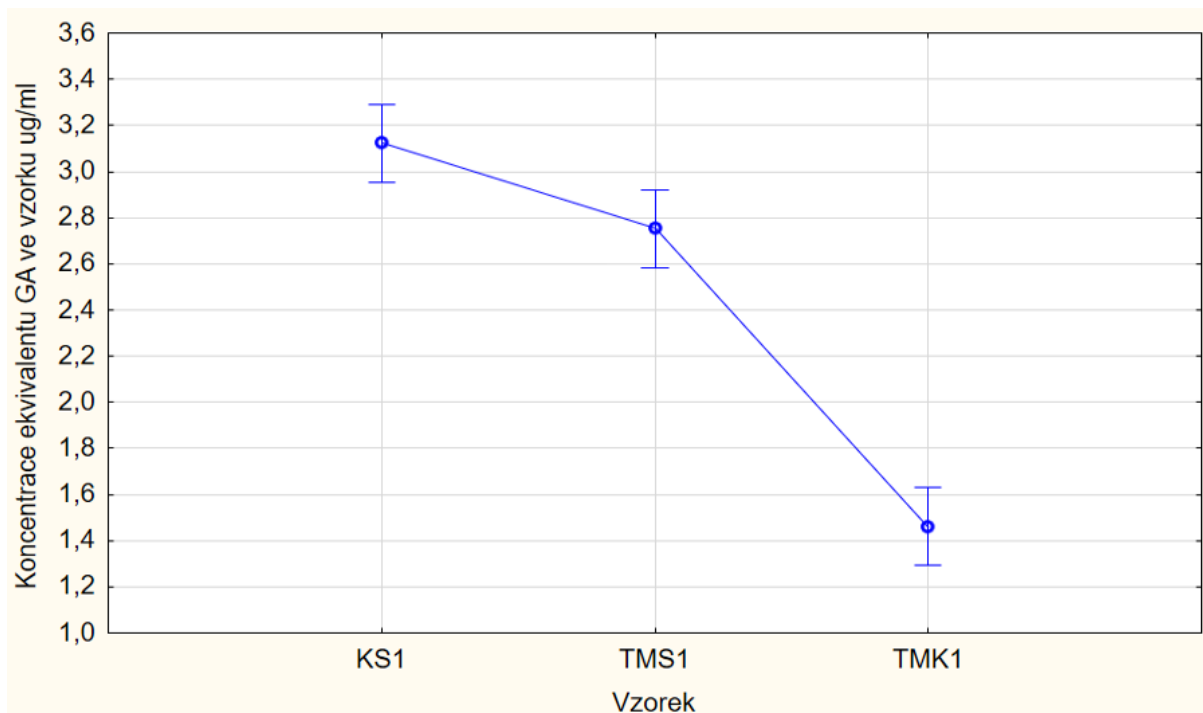
SCE		
Hodnocená skupina	<i>T. molitor</i> kontrolní skupina	<i>T. molitor</i> + kávová sedlina
L	59,01 ± 0,72	37,79 ± 0,59*
a	5,52 ± 0,54	12,64 ± 0,23*
b	20,78 ± 0,53	25,24 ± 0,55*
ΔE	0	22,84 ± 0,49*
C	21,51 ± 0,65	28,23 ± 0,52*
Hue	0,26 ± 0,02	0,46 ± 0,01*
BI	48,94 ± 2,54	125,24 ± 1,97*
WI	53,71 ± 0,85	31,68 ± 0,40*

Hodnoty jsou vyjádřeny jako průměr objemu ± směrodatná odchylka. Hodnoty ve sloupcích s indexem * se statisticky významně liší od kontrolní skupiny na hladině významnosti $\alpha = 0,05$

V Tabulce č.2 je možné si ihned povšimnout, že v podmínkách SCE byl nalezen statisticky významný rozdíl u všech námi měřených hodnot, zajímavé je, že oproti hodnotám naměřených v podmínkách SCI vykazovaly larvy *T. molitor* průměrně vyšší hodnoty i ve žlutosti (b) a sytosti (C). Toto jen poukazuje na důležitost zahrnutí podmínek jak pro SCI, tak i pro SCE pro celkově vyšší přesnost interpretace výsledků.

6.2 Celkový obsah polyfenolových látek ve vzorcích *T. molitor*

Při hodnocení celkového obsahu polyfenolových látek (TPC) bylo užito k měření celkem 6 vzorků, neboť bylo nutné zjistit, zdali se nebudou příliš lišit hodnoty vzorků extrahovaných s pomocí methanolu (KS1, TMS1, TMK1) od vzorků extrahovaných za pomoci ethanolu (KS2, TMS2, TMK2). Dále je nutné uvést, že pro vyhodnocení celkového množství polyfenolových látek bylo nutno využít hodnoty z třetího ředění, neboť ředění první a druhé vykazovaly příliš vysoké hodnoty, které spektrofotometr vyhodnotil jako chyby. Získaná data byla exportována do programu Statistica v.12.0 a porovnána s pomocí jednofaktorové analýzy rozptylu na hladině významnosti $\alpha = 0,05$, následně byl užit post hoc Scheffeho test. Výsledky jsou uvedeny v $\mu\text{g/ml}$ a v průměrných hmotnostních procentech se směrodatnou odchylkou, jedná se o jednotlivá měření téhož vzorku.



Obrázek 8: Koncentrace ekvivalentu gallové kyseliny ve vzorcích *T. molitor* extrahovaných s pomocí methanolu

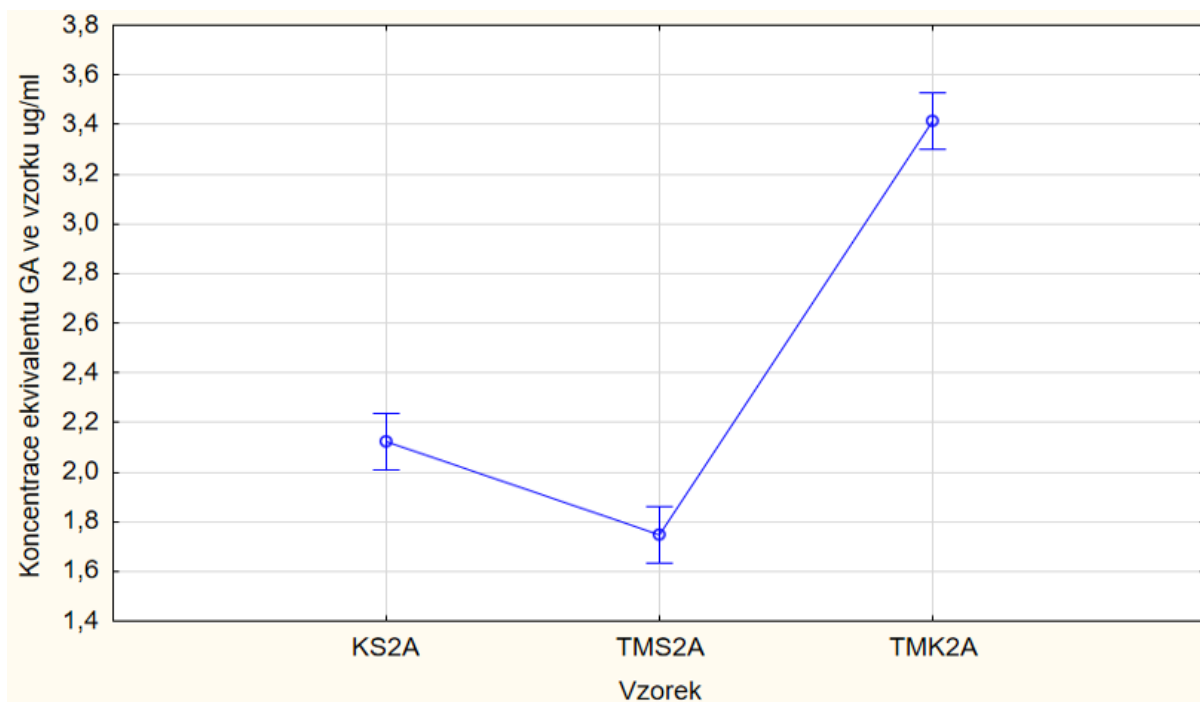
Jak je patrné z Obrázku č.8, byla nejvyšší průměrná koncentrace ekvivalentu gallové kyseliny naměřena ve vzorcích kávové sedliny (KS1), a to sice $3,12 \pm 0,27 \mu\text{g/ml}$, vzorky *T. molitor* zkrmované kávovou sedlinou (TMS1) vykazovaly koncentraci $2,75 \pm 0,20 \mu\text{g/ml}$. Kontrolní skupina *T. molitor* vykazovala nejnižší průměrnou koncentraci ekvivalentu gallové kyseliny, konkrétně $1,46 \pm 0,04 \mu\text{g/ml}$. Mezi všemi vzorky byl vypořizován statisticky významný rozdíl při hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka 3: Celkový obsah polyfenolových sloučenin ve vzorcích extrahovaných s pomocí methanolu

Název vzorku	TPC ve vzorku (hmot. %)
KS1	$7,73 \pm 0,67$
TMS1	$6,78 \pm 0,48$
TMK1	$3,65 \pm 0,09$

Hodnoty jsou vyjádřeny v průměrných hmotnostních procentech se směrodatnou odchylkou, KS1: kávová sedlina, TMS1: *T. molitor* zkrmované kávovou sedlinou, TMK1: kontrolní skupina

Na základě výsledků vyobrazených v Tabulce 3 bylo stanoveno, že existuje statisticky významný rozdíl při hladině $\alpha = 0,05$ mezi všemi třemi skupinami vzorků. Hodnota hmotnostních procent byla vypočtena skrze množství extraktu gallové kyseliny na hmotnost navážky konkrétních vzorků. Nejvyšší hodnota TPC byla v průměru naměřena u KS1 (kávová sedlina), a to konkrétně $7,73 \pm 0,67 \%$, nejnižší pak u TMK1 (kontrolní skupina), konkrétně $3,65 \pm 0,09 \%$. Larvy *T. molitor* zkrmované kávovou sedlinou v průměru vykazovaly TPC v hodnotě $6,78 \pm 0,48 \%$. Celkové množství polyfenolových sloučenin bylo pak u skupiny TMS1 oproti kontrolní skupině vyšší o 85,76 %.



Obrázek 8 Koncentrace ekvivalentu gallové kyseliny ve vzorcích *T. molitor* extrahovaných s pomocí ethanolu

Z Obrázku č. 9 lze vyčíst, že v případě vzorků extrahovaných s pomocí ethanolu byly hodnoty koncentrace ekvivalentu gallové kyseliny již na pohled znatelně odlišné od vzorků extrahovaných s pomocí methanolu. Kontrolní skupina *T. molitor* (TMK2A) vykazovala v tomto případě nejvyšší hodnoty, a to konkrétně $3,41 \pm 0,21 \mu\text{g/ml}$. Oproti kontrolní skupině vzorků extrahovaných s pomocí methanolu se jednalo o více než dvojnásobný nárůst. Co se kávové sedliny týče, byla koncentrace ekvivalentu gallové kyseliny podstatně nižší, konkrétně $2,12 \pm 0,06 \mu\text{g/ml}$, nižší hodnoty oproti vzorkům stanovených za pomoci methanolu vykazovaly i vzorky *T. molitor* zkrmované kávovou sedlinou ($1,75 \pm 0,06 \mu\text{g/ml}$). I v případě těchto vzorků byl vypořovován mezi všemi statisticky významný rozdíl při hladině významnosti $\alpha = 0,05$.

Tabulka 4: Celkový obsah polyfenolových sloučenin ve vzorcích extrahovaných s pomocí ethanolu

Název vzorku	TPC ve vzorku (hmot. %)
KS2	$5,27 \pm 0,15$
TMS2A	$8,54 \pm 0,52$
TMK2A	$4,33 \pm 0,15$

Hodnoty jsou vyjádřeny v průměrných hmotnostních procentech se směrodatnou odchylkou, KS2: kávová sedlina, TMS2: *T. molitor* zkrmovaný kávovou sedlinou, TMK2: kontrolní skupina

I v případě vzorků extrahovaných ethanolem byl mezi všemi třemi skupinami vzorků statisticky významný rozdíl při hladině $\alpha = 0,05$. Velmi zajímavé však je, že oproti vzorkům extrahovaných s pomocí methanolu vykazovaly tyto vzorky podstatně vyšší hodnotu TPC jak v případě TMK2A ($4,37 \pm 0,15 \%$), tak i v případě skupiny TMS2A ($8,45 \pm 0,52 \%$). Oproti kontrolní skupině (KS2) byla hodnota TPC u skupiny TMS2A vyšší o 97,45 %. Zvláštní je, že v případě těchto měření byla hodnota TPC u kávové sedliny nižší ve srovnání s larvami *T. molitor* zkrmovanými sedlinou. Toto lze přičíst vlivu extrakčního činidla, které bylo námi zvoleno.

7 Diskuze

V práci byl pozorován vliv přídatku kávové sedliny na senzorické vlastnosti a na celkové množství polyfenolových látek v jedlém hmyzu (*T. molitor*). Vzorky *T. molitor* zkrmované kávovou sedlinou byly během senzorické analýzy hodnoceny lépe (co se celkového vzhledu a celkové příjemnosti a intenzity barvy týče), vzorky dosahovaly oproti kontrole statisticky významných rozdílů. Kávové sedlině ve stravě hmyzu však lze však přičíst i celkově vyšší intenzitu pachuti, což mohlo zapříčinit podstatně nižší hodnocení celkové přijatelnosti těchto vzorků respondenty senzorické analýzy ($5,27 \pm 1,76$ kontrolní skupina oproti $4,21 \pm 1,92$ skupině zkrmované sedlinou). Kulma et al. (2023) ve výsledcích své senzorické analýzy šesti druhů jedlého hmyzu uvádí při stejném bodovém hodnocení *T. molitor* velmi odlišné výsledky. Kupříkladu intenzita pachuti námi užitých vzorků *T. molitor* byla respondenty vnímána téměř dvakrát intenzivněji ($1,5 \pm 1,3$ oproti $2,62 \pm 2,2$), hodnoty celkové příjemnosti chuti a barvy byly též ve studii od Kulma et al. (2023) podstatně vyšší ($6,6 \pm 1,9$ oproti $4,9 \pm 1,82$ a $5,9 \pm 2,0$ oproti $4,57 \pm 1,87$). Je však důležité zmínit, že neexistuje mnoho literatury týkající se senzorického hodnocení jedlého hmyzu zkrmovaného kávovou sedlinou, tudíž bylo nutno užít studii s nejvíce podobným způsobem hodnocení a nejvíce podobnou formou podávaného jedlého hmyzu. Dále by bylo vhodné zmínit, že senzorická analýza je i přes proškolení hodnotitelů velmi subjektivní vědecká disciplína, a tudíž mohou být výsledky dvou prakticky totožných senzorických analýz velmi odlišné.

Při porovnávání barvy vzorků s pomocí spektrofotometrického měření vykazovaly vzorky *T. molitor* zkrmované kávovou sedlinou oproti kontrolní skupině statisticky významné rozdíly v téměř všech hodnocených kategoriích v případě podmínek jak SCI, tak i SCE. Výjimkou byla pouze sytost (C) v případě podmínek SCI. Námi naměřené hodnoty odpovídají i hodnotám uvedených ve studii od Purschke et al. (2018). Námi měřená kontrolní skupina *T. molitor* měla, co se hodnot SCE týče, prakticky totožnou hodnotu světlosti ($59,01 \pm 0,72$ oproti $59,73 \pm 1,38$), námi naměřené hodnoty červenosti a žlutosti byly však znatelně nižší ($5,52 \pm 0,54$ oproti $8,94 \pm 0,43$ a $20,78 \pm 0,53$ oproti $25,37 \pm 1,25$). Zajímavé je, že Ribeiro et al. (2024) při podobných podmínkách zpracování *T. molitor* naměřili u kontrolní skupiny podstatně nižší hodnotu světlosti (pouhých $49,3 \pm 1,9$), hodnoty červenosti a žlutosti byly však vyšší, nežli hodnoty námi naměřené (červenost $6,1 \pm 0,8$; žlutost $26,4 \pm 2,7$).

Co se celkového množství polyfenolových sloučenin týče, byl námi vypořádaný statisticky významný rozdíl mezi kontrolní skupinou a skupinou krmenou směsí s kávovou sedlinou (25 % sedlina, 75 % pšeničné otruby) jak v případě vzorků extrahovaných s pomocí ethanolu, tak i methanolu. U vzorků extrahovaných s pomocí methanolu (TPC $6,78 \pm 0,48$ hmot. %) byla naměřená hodnota TPC oproti kontrolní skupině vyšší v průměru o 85,76 %, u vzorků extrahovaných s pomocí ethanolu (TPC $8,54 \pm 0,52$ hmot. %) byla pak naměřená hodnota TPC vyšší oproti kontrolní skupině o 97,45 %. Kotsou et al. (2023) užili ve své studii směs pšeničných otrub (místní obchod, Volos, Řecko) a kávové sedliny (60 % Arabica a 40 % Robusta) z místní kavárny (Karditsa, Řecko), při užití stejného poměru krmiva a sedliny, tj. 3:1, však dosáhli navýšení průměrné hodnoty TPC pouze o 29,01 %. Jedná se o významný rozdíl, ale lze jej přičíst faktu, že nutriční hodnota hmyzu je ovlivněna jak jeho prostředím, tak i jeho stravou (námi byla užita sedlina z kávy Brasília Serrado Dulce). Podstatně vyšší hodnotu TPC ve vzorcích *T. molitor* uvádí ve své studii Džima et al. (2025), a to konkrétně $9,70 \pm 0,13$ mg/g.

Tuto hodnotu však lze přičíst faktu, že ve srovnání s naším měřením byla v případě této studie doba extrakce podstatně vyšší (přesněji 2 hodiny), což mohlo ovlivnit hodnoty měření.

Práce přináší originální výsledky o vlivu přídavku kávové sedliny na senzorické a nutriční vlastnosti jedlého hmyzu. Přídavek kávové sedliny byl, co se senzorických a nutričních vlastností průkazný oproti kontrole, a bylo by rozhodně vhodné do budoucna se tomuto tématu dále věnovat. Jedlý hmyz má skvělý potenciál jakožto kvalitní zdroj bílkovin a využití vedlejšího produktu kaváren a potravinářských podniků, tj. kávové sedliny jakožto zdroje krmiva by mohlo být prospěšné jak v rámci lidské výživy, tak i v rámci cirkulární ekonomiky. U jedlého hmyzu by bylo též vhodné do budoucna sledovat, jakým způsobem ovlivňuje konzumace kávové sedliny zejména jeho nutriční vlastnosti.

8 Závěr

- V práci bylo zjištěno, že přidavek kávové sedliny v poměru 1:3 do krmiva jedlého hmyzu (*T. molitor*) je schopný ovlivnit hodnocení chuti, barvy a vůně na statisticky významné úrovni.
- Dále pak bylo prokázáno, že při spektrofotometrickém měření vykazovaly vzorky *T. molitor* zkrmované kávovou sedlinou oproti kontrolním vzorkům statisticky významné rozdíly ve všech hodnotách jak s užitím SCI, tak i s užitím SCE.
- Přídavek kávové sedliny do krmiva *T. molitor* významně navýšil celkové množství polyfenolových sloučenin oproti kontrolní skupině o 85,76 % u vzorků extrahovaných s pomocí methanolu, u vzorků extrahovaných s pomocí methanolu došlo dokonce k navýšení o 97,45 %.

9 Literatura

- Abenaim L, Conti B. 2025 Harnessing chitin from edible insects for livestock nutrition. *Insects*. **16**(8) (e799). DOI: <https://doi.org/10.3390/insects16080799>.
- Alam W, Khan H, Shah MA, Cauli O, Saso L. 2020. Kaempferol as a dietary anti-inflammatory agent: current therapeutic standing. *Molecules*. **25**(18) (e4073). DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25184073>.
- Amrouk EM, Palmeri F, Magrini, E. 2025. Global coffee market and recent price developments. FAO, Rome. Available from <https://openknowledge.fao.org/items/746931ac-36b8-463f-8d7b-446585158047> (accessed April 2026).
- Andersen SO. 2010. Insect cuticular sclerotization: a review. *Insect biochemistry and molecular biology*. **40**(3): 166-178.
- Ay M, Luo J, Langley M, Kanthasamy A, Kanthasamy AG. 2021. Quercetin. Pages 749-755 in Gupta RC, Lall R, Srivastava A, editors. *Nutraceuticals*. Academic Press, London.
- Barennes H, Phimmasane M, Rajaonaviro C. 2015. Insect consumption to address undernutrition, a national survey on the prevalence of insect consumption among adults and vendors in Laos. *PloS one*. **10**(8) (e0136458) DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136458>.
- Bartel I, Mandryk I, Horbańczuk JO, Wierzbicka A, Koszarska M. 2024. Nutraceutical properties of syringic acid in civilization diseases. *Nutrients*. **16**(1) (e10). DOI: <https://doi.org/10.3390/nu16010010>.
- Bevilacqua E, Cruzat V, Singh I, Rose'Meyer RB, Panchal SK, Brown L. 2023. The potential of spent coffee grounds in functional food development. *Nutrients* **15**(4): 994.
- Borkovcová M, Bednářová M, Fišer V, Ocknecht P. 2009. *Kitchen variegated by insects 1*. Lynx, Brno.
- Botella-Martínez C, Lucas-González R, Pérez-Álvarez JA, Fernández-López J, Viuda-Martos M. 2021. Assessment of chemical composition and antioxidant properties of defatted flours obtained from several edible insects. *Food Science and Technology International*. **27**(5): 383-391.
- Caparros Megido R, Sablon L, Geuens M, Brostaux Y, Alabi T, Blecker C, Drugmand D, Haubruge É and Francis F. 2014. Edible insects acceptance by Belgian consumers: promising attitude for entomophagy development. *Journal of Sensory Studies*. **29**(1): 14-20.
- Castro M, Chambers IV E. 2019. Willingness to eat an insect based product and impact on brand equity: A global perspective. *Journal of Sensory Studies*. **34**(2) (e12486). DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/joss.12486>.
- Collavo A, Glew RH, Huang YS, Chiang LT, Bosse R, Paoletti MG. 2005. House cricket Small-scale farming. Pages 519-544 in Paoletti MG, editor. *Ecological implications of minilivestock*. Science Publishers, Inc. Enfield, NH, USA.
- Dagevos H. 2021. A literature review of consumer research on edible insects: recent evidence and new vistas from 2019 studies. *Journal of Insects as Food and Feed*. **7**(3): 249-260.
- De la Rosa LA, Moreno-Escamilla JO, Rodrigo-García J, Alvarez-Parrilla E. 2019. Phenolic compounds. Pages 253-271 in Yahia EM, editor. *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables*. Woodhead publishing, Oxford, UK.

- Džima M, Ivanišová E, Gálik B, Šimko M, Rolinec M, Hanušovský O, Kapusniaková M, Madajová V, Bíro D, Juráček M. 2025. Antioxidant activity and total polyphenol content of insects used as feed and food. *Journal of microbiology, biotechnology and food sciences*. **15**(2) (e12684). DOI: <https://doi.org/10.55251/jmbfs.12684>.
- Evans NM, Shao S. 2022. Mycotoxin metabolism by edible insects. *Toxins*. **14**(3) (e217). DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins14030217>.
- Freitas V, Thode Filho S, Gomes F, Galal M. 2024. The symbiotic relationship between *Tenebrio molitor* and coffee grounds presents an innovative perspective on addressing global challenges. *Brazilian Journal of Experimental Design, Data Analysis and Inferential Statistics*. **3** (e62478). DOI: <https://doi.org/10.55747/bjedis.v3i1.62478>.
- Gałęcki R, Sokół R. 2019. A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and animals. *PloS one*. **14**(7) (e0219303). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219303>.
- Ganseman E, et al. 2023. Frequent allergic sensitization to farmed edible insects in exposed employees. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*. **11**(12): 3732-3741. e10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.07.039>.
- Hasnan FFB, Feng Y, Sun T, Parraga K, Schwarz M, Zarei M. 2023. Insects as valuable sources of protein and peptides: Production, functional properties, and challenges. *Foods*. **12**(23) (e4243). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods12234243>.
- Heath D et al. 2024. Quality, safety and authenticity of insect protein-based food and feed: insights from the INPROFF Project. *Exploration of Foods and Foodomics*. **2**(4): 339-362.
- Hénault-Ethier L, Reid B, Hotte N, Paris N, Quinche M, Lachance C, Fortin A, Normandin É, Laderrière V, Vandenburg G. 2023. Growth trials on vegetables, herbs, and flowers using mealworm frass, chicken manure, and municipal compost. *ACS Agricultural Science & Technology*. **3**(3): 249-259.
- Hutabarat DJC, Mangindaan, D. 2024. Cultivation of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) larvae for the valorization of spent coffee ground: a systematic review and bibliometric study. *Agriculture*. **14**(2) (e205). DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture14020205>.
- Chikpah SF, Korese JK, Osman S. 2023. Characterization of physicochemical, antioxidants and sensory properties of cookies enriched with shea (*Vitellaria paradoxa*) fruit pulp as a functional ingredient. *Food Production, Processing and Nutrition*. **5**(1) (e44). DOI: <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00152-1>.
- ICO. 2024. ANNUAL REVIEW 2023/24 FINAL. Available from: https://www.ico.org/documents/cy2024-25/annual-review-2023-2024-e.pdf?mc_cid=563247616c&mc_eid=6e2780cca4 (accessed February 2026).
- Jongema Y. 2017. List of edible insect species of the world. Laboratory of Entomology. Wageningen. Available from <https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/plant-sciences/laboratory-of-entomology/edible-insects/worldwide-species-list.htm> (accessed February 2026)
- Kahkeshani N, et al. 2019. Pharmacological effects of gallic acid in health and diseases: A mechanistic review. *Iranian journal of basic medical sciences*. **22**(3):225-237.
- Kirkpatrick TW. 1957. *Insect Life in the Tropics*. William Clowes and Sons Ltd., London.

- Kotsou K, Chatzimitakos T, Athanasiadis V, Bozinou E, Athanassiou CG, Lalas SI. 2023. Utilization of spent coffee grounds as a feed additive for enhancing the nutritional value of *Tenebrio molitor* Larvae. Sustainability. **15**(23) (e16224). DOI: <https://doi.org/10.3390/su152316224>.
- Kouřimská L, Adámková A. 2016. Nutritional and sensory quality of edible insects. NFS journal. **4**: 22-26.
- Kovalcik A, Obruca S, Marova I. 2018. Valorization of spent coffee grounds: A review. Food and Bioproducts Processing. **110**: 104-119.
- Kulma M, Škvorová P, Petříčková D, Kouřimská L. 2023. A descriptive sensory evaluation of edible insects in Czechia: do the species and size matter?. International Journal of Food Properties. **26**(1): 218-230.
- Kumar P, Mehta N, Abubakar AA, Verma AK, Kaka U, Sharma N, Sazili AQ, Pateiro M, Kumar M, Lorenzo JM. 2023. Potential alternatives of animal proteins for sustainability in the food sector. Food Reviews International. **39**(8): 5703-5728.
- Kun Y, Huimin Y, Shangzong J. 2014. A type of spectrophotometer with both SCI and SCE measurement structures. Optik. **125**(17): 4672-4677.
- Latunde-Dada GO, Yang W, Vera Aviles M. 2016. In vitro iron availability from insects and sirloin beef. Journal of agricultural and food chemistry. **64**(44): 8420-8424.
- Liu AJ, Li J, Gómez MI. 2019. Factors influencing consumption of edible insects for Chinese consumers. Insects. **11**(1) (e10). DOI: <https://doi.org/10.3390/insects11010010>.
- Lundy ME, Parrella MP. 2015. Crickets are not a free lunch: protein capture from scalable organic side-streams via high-density populations of *Acheta domesticus*. PloS one. **10**(4) (e0118785). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118785>.
- Malematja E, Manyelo TG, Sebola NA, Kolobe SD, Mabelebele M. 2023. The accumulation of heavy metals in feeder insects and their impact on animal production. Science of the Total Environment. **885** (e163716). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163716>.
- Mancini S, Fratini F, Turchi B, Mattioli S, Dal Bosco A, Tuccinardi T, Nozic S, Paci G. 2019. Former foodstuff products in *Tenebrio molitor* rearing: Effects on growth, chemical composition, microbiological load, and antioxidant status. Animals. **9**(8) (e484). DOI: <https://doi.org/10.3390/ani9080484>.
- Mannino MA, Thomas KD. 2023. Advances in the Archaeological Study of Invertebrate Animals and Their Products. Handbook of Archaeological Sciences. **2**: 769-796.
- Manuja R, Sachdeva S, Jain A, Chaudhary J. 2013. A comprehensive review on biological activities of p-hydroxy benzoic acid and its derivatives. Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res. **22**(2): 109-115.
- Marin S, Ramos AJ, Cano-Sancho G, Sanchis V. 2013. Mycotoxins: Occurrence, toxicology, and exposure assessment. Food and chemical toxicology. **60**: 218-237.
- Meyer-Rochow VB, Gahukar RT, Ghosh S, Jung C. 2021. Chemical composition, nutrient quality and acceptability of edible insects are affected by species, developmental stage, gender, diet, and processing method. Foods. **10**(5) (e1036). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10051036>.
- Nino MC, Reddivari L, Ferruzzi MG, Liceaga AM. 2021. Targeted phenolic characterization and antioxidant bioactivity of extracts from edible *Acheta domesticus*. Foods. **10**(10) (e2295). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10102295>.

- Oonincx DG, Laurent S, Veenenbos ME, van Loon JJ. 2020. Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. *Insect science*. **27**(3): 500-509.
- Paul A, et al. 2017. Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. *Journal of Asia-Pacific Entomology*. **20**(2): 337-340.
- Percipalle M, Salvaggio A, Pitari GM, Giunta RP, Aparo A, Alfonzetti T, Marino AMF. 2021. Edible insects and *Toxoplasma gondii*: is it something we need to be concerned about?. *Journal of Food Protection*. **84**(3): 437-441.
- Periferakis A, Periferakis K, Badarau IA, Petran EM, Popa DC, Caruntu A, Costache RC, Scheau C, Caruntu C, Costache DO. 2022. Kaempferol: antimicrobial properties, sources, clinical, and traditional applications. *International journal of molecular sciences*. **23**(23) (e15054). DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms232315054>.
- Permana AD, Ramadhani EP, Jessica Esther N. 2018. Growth of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae fed on spent coffee ground. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing,. **187** (e012070). DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/187/1/012070>.
- Pippinato L, Gasco L, Di Vita G, Mancuso T. 2020. Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. *Journal of Insects as Food and Feed*. **6**(4): 371-382.
- Poveda J, Jiménez-Gómez A, Saati-Santamaría Z, Usategui-Martín R, Rivas R, García-Fraile P. 2019. Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. *Applied Soil Ecology*. **142**: 110-122.
- Purschke B, Brüggem H, Scheibelberger R, Jäger H. 2018. Effect of pre-treatment and drying method on physico-chemical properties and dry fractionation behaviour of mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.). *European Food Research and Technology*. **244**(2): 269-280.
- Raheem D, Carrascosa C, Oluwole OB, Nieuwland M, Saraiva A, Millán R, Raposo A. 2019. Traditional consumption of and rearing edible insects in Africa, Asia and Europe. *Critical reviews in food science and nutrition*. **59**(14): 2169-2188.
- Ramos LC, Rodríguez-García A, Castagnini JM, Salgado-Ramos M, Martínez-Culebras PV, Barba, FJ, Pallarés N. 2024. HPLC-MS/MS and ICP-MS for evaluation of mycotoxins and heavy metals in edible insects and their defatted cakes resulting from supercritical fluid extraction. *Foods*. **13**(20) (e3233). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods13203233>.
- Ribeiro JC, Cunha LM, Sousa-Pinto B, Fonseca J. 2018. Allergic risks of consuming edible insects: A systematic review. *Molecular nutrition & food research*. **62**(1) (e1700030). DOI: <https://doi.org/10.1002/mnfr.201700030>.
- Ribeiro JC, Marques JP, Fernandes TR, Pintado ME, Carvalho SMP, Cunha LM. 2024. Effect of blanching, storage and drying conditions on the macro-composition, color and safety of mealworm *Tenebrio molitor* larvae. *LWT*. **191** (e115646). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115646>.
- Ribeiro JC, Pintado ME, Cunha LM. 2024. Consumption of edible insects and insect-based foods: A systematic review of sensory properties and evoked emotional response. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. **23**(1) (e13247). DOI: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13247>.

- Seo H, Kim HR, Cho IH. 2020. Aroma characteristics of raw and cooked *Tenebrio molitor* larvae (mealworms). *Food Science of Animal Resources*. **40**(4) (e649). DOI: <https://doi.org/10.5851/kosfa.2020.e35>.
- Shahbaz M, et al. 2023. Anticancer, antioxidant, ameliorative and therapeutic properties of kaempferol. *International Journal of Food Properties*. **26**(1): 1140-1166.
- Sogari G, Menozzi D, Hartmann C, Mora C. 2019. How to measure consumers acceptance towards edible insects?—a scoping review about methodological approaches. Pages 27-44 in Sogari G, Mora C, Menozzi D, editors. *Edible insects in the food sector: Methods, current applications and perspectives*.
- Srinivasulu C, Ramgopal M, Ramanjaneyulu G, Anuradha CM, Kumar CS. 2018. Syringic acid (SA)—a review of its occurrence, biosynthesis, pharmacological and industrial importance. *Biomedicine & Pharmacotherapy*. **108**: 547-557.
- Sugumaran M. 2010. Chemistry of cuticular sclerotization. *Advances in insect Physiology*. **39**: 151-209.
- Škvorová P, Kulma M, Božik M, Kurečka M, Plachý V, Slavíková D, Šebelová K, Kouřimská L. 2024. Evaluation of rapeseed cake as a protein substitute in the feed of edible crickets: A case study using *Gryllus assimilis*. *Food Chemistry*. **441** (e138254). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.138254>
- Tan, HSG, Verbaan YT, Stieger M. 2017. How will better products improve the sensory-liking and willingness to buy insect-based foods?. *Food Research International*. **92**: 95-105.
- Tellis MB, Kotkar HM, Joshi RS. 2023 Regulation of trehalose metabolism in insects: from genes to the metabolite window. *Glycobiology*. **33**(4): 262-273.
- Torres-Castillo JA, Olazarán-Santibáñez FE. 2023. Insects as source of phenolic and antioxidant entomochemicals in the food industry. *Frontiers in Nutrition*. **10** (e1133342). DOI: <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1133342>.
- Van Huis A. 2016. Edible insects are the future?. *Proceedings of the Nutrition Society*. **75**(3): 294-305.
- Van Huis A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Mertens E, Halloran A, Muir G, Vantomme P. 2013. *Edible insects: future prospects for food and feed security*. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome.
- Van Huis A, Halloran A, Van Itterbeeck J, Klunder H, Vantomme P. 2022. How many people on our planet eat insects: 2 billion?. *Journal of Insects as Food and Feed*. **8**(1): 1-4.
- Van Huis A, Rumpold B, Maya C, Roos N. 2021. Nutritional qualities and enhancement of edible insects. *Annual review of nutrition*. **41**(1): 551-576.
- Van Huis A, Tomberlin J. 2025. *Insects as food and feed: from production to consumption*. BRILL, Leiden.
- Vollmanová A, Bojňanská T, Musilová J, Lidíková J, Cifrová M. 2024. Quercetin as one of the most abundant represented biological valuable plant components with remarkable chemoprotective effects-A review. *Heliyon*. **10**(12) (e33342). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33342>.
- Wianowska D, Olszowy-Tomczyk M. 2023. A concise profile of gallic acid—From its natural sources through biological properties and chemical methods of determination. *Molecules*. **28**(3) (e1186). DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules28031186>.

- Yi L, Lakemond CMM, Sagis LM, Eisner-Schadler V, van Huis A, van Boekel MA. 2013. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food chemistry*. 141(4): 3341-3348.
- Zhou Y, Wang D, Zhou S, Duan H, Guo J, Wenjie Y. 2022. Nutritional composition, health benefits, and application value of edible insects: A review. *Foods*. 11(24) (e3961). DOI: <https://doi.org/10.3390/foods11243961>.

10 Seznam použitých zkratek a symbolů

A. Domesticus – *Acheta domesticus*
AFG2 – Aflatoxin G2
ANOVA – Analýza rozptylu
CE – Cirkulární ekonomika
DNA – Deoxyribonukleová kyselina
DON – Deoxynivalenol
FAO – Organizace pro výživu a zemědělství
FS – Fenolové sloučeniny
GAE – Extrakt gallové kyseliny
HPLC – Vysokoúčinná kapalinová chromatografie
L. migratoria – *Locusta migratoria*
Na₂CO₃ – Uhličitan sodný
OTA – Ochratoxin
PCR – Polymerázová řetězová reakce chain
SCE – Spectral component excluded
SCI – Spectral component included
SD – Směrodatná odchylka
TPC – Celkové množství polyfenolových sloučenin
T. molitor – *Tenebrio molitor*
ZEN – Zearalenon

11 Samostatné přílohy

11.1 Hodnocení chuti jedlého hmyzu (*T. molitor*)

Vlastnosti vzorků:	Průměr 4602	Průměr 7315
Celk. příjemnost vzhledu:	3,94 ± 2,26	4,89 ± 2,46*
Celk. příjemnost barvy:	4,57 ± 1,87	6,27 ± 1,89*
Celk. intenzita barvy:	5,00 ± 1,12	6,28 ± 1,34*
Celk. příjemnost vůně:	5,07 ± 0,93	5,00 ± 1,63
Celk. intenzita vůně:	2,71 ± 2,24	2,93 ± 2,61
Celk. příjemnost chuti:	4,9 ± 1,82	4,21 ± 2,36
Celk. intenzita chuti:	4,06 ± 1,81	5,31 ± 2,08*
Intenzita ořechové chuti:	3,49 ± 2,19	4,30 ± 2,14
Intenzita zemité chuti:	2,80 ± 2,23	4,34 ± 2,45*
Intenzita umami chuti:	3,33 ± 2,05	3,52 ± 1,91
Intenzita hořké chuti:	3,13 ± 2,32	4,76 ± 2,75*
Intenzita slané chuti:	2,73 ± 1,89	3,25 ± 1,81
Celk. intenzita pachutí:	2,62 ± 2,20	3,65 ± 2,68
Celk. přijatelnost:	5,27 ± 1,76	4,21 ± 1,92

11.2 Dotazník k senzorické analýze *T. molitor*

HODNOCENÍ JEDLÉHO HMYZU

Jméno a příjmení:..... **Zdravotní stav:**.....

Datum:..... **Vzorek č.:**.....

Úkol: Ochutnejte předložený vzorek jedlého hmyzu. K hodnocení použijte grafické stupnice. Hodnocení zaznamenejte čárkou na úsečce.

CELK. PŘÍJEMNOST VZHLEDU:	_____	_____
	odporná	velmi příjemná

CELK. PŘÍJEMNOST BARVY:	_____	_____
	odporná	velmi příjemná

CELK. INTENZITA BARVY:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

CELK. PŘÍJEMNOST VŮNĚ:	_____	_____
	odporná	velmi příjemná

CELK. INTENZITA VŮNĚ:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

CELK. PŘÍJEMNOST CHUTI:	_____	_____
	odporná	velmi příjemná

CELK. INTENZITA CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

INTENZITA OŘECHOVÉ CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

INTENZITA ZEMITÉ CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

INTENZITA UMAMI CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

INTENZITA HOŘKÉ CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

INTENZITA SLANÉ CHUTI:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

CELK. INTENZITA PACHUTÍ:	_____	_____
	neznatelná	velmi silná

Uveďte prosím, jaké další chutě či pachutě jste zaznamenali:

.....

CELKOVÁ PŘIJATELNOST:	_____	_____
	zcela nepřijatelný	vynikající